



SKRIPSI ME14 1501

**ANALISA PERUBAHAN DISTRIBUSI *PITCH*
TERHADAP KINERJA *PROPELLER* JENIS KAPLAN**

**Dani Mishbah Firmanulloh
NRP. 4210 100 055**

**Dosen Pembimbing
Irfan Syarif Arief, ST. MT.
Ir. Tony Bambang M., PGD.**

**JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2015**



FINAL PROJECT ME14 1501

ANALYSIS OF CHANGES IN DISTRIBUTION PITCH PROPELLER ON THE PERFORMANCE OF KAPLAN

Dani Mishbah Firmanulloh
NRP. 4210 100 055

Lecturer :
Irfan Syarif Arief, ST. MT.
Ir. Tony Bambang M., PGD.

DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING
Faculty of Marine Technology
Sepuluh Nopember Institut of Technology
Surabaya
2015

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA PERUBAHAN DISTRIBUSI *PITCH* TERHADAP KINERJA *PROPELLER* JENIS KAPLAN

SKRIPSI

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Marine Manufacture and Design (MMD)
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Oleh :

DANI MISHBAH FIRMANULLOH

NRP 4210 100 055

Disetujui oleh Pembimbing SKRIPSI :

Irfan Syarif Arief S.T., M.T.

()

Ir. Tony Bambang M., PGD.

()

**SURABAYA
Januari 2015**

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA PERUBAHAN DISTRIBUSI *PITCH* TERHADAP KINERJA *PROPELLER* JENIS KAPLAN

SKRIPSI

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Marine Manufacture and Design (MMD)
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Oleh :

DANI MISHBAH FIRMANULLOH

NRP 4210 100 055

Disetujui oleh Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan :

Dr. Ir. A.A. Masroeri, M.Eng



SURABAYA

Januari 2015

ANALISA PERUBAHAN DISTRIBUSI *PITCH* TERHADAP KINERJA *PROPELLER* JENIS KAPLAN

Nama Mahasiswa : Dani Mishbah Firmanulloh
NRP : 4210 100 055
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing : 1. Irfan Syarif Arief ST, MT.
2. Ir. Toni Bambang M, PGD

Abstrak

Sistem propulsi merupakan bagian yang sangat penting dalam operasi sebuah kapal. *Propeller* merupakan bagian dari sistem tersebut. Saat ini, sudah sangat banyak jenis dan variasi *propeller* yang digunakan, Diantaranya adalah A-series, B-series, C-Series dan K-Series. Salah satu jenis dari *propeller* yang ada pada saat ini adalah *Ducted Propeller*. Dalam penerapannya, *propeller* jenis ini masih diproduksi dengan *pitch distribution* yang standar. Dalam dalam tugas akhir ini akan dilakukan penelitian mengenai pengaruh perubahan distribusi *pitch* terhadap kinerja *propeller* tersebut. Pengerjaan tugas akhir ini menggunakan metode CFD. Dalam penyelesaiannya, penelitian ini menunjukkan sebuah variasi yang mempunyai efisiensi sebesar 0.97% lebih tinggi dari model dengan variasi distribusi *pitch* normal.

Kata Kunci : Pitch Distribution, Ducted , Kaplan Propeller

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ANALYSIS OF CHANGES IN DISTRIBUTION PITCH PROPELLER ON THE PERFORMANCE OF KAPLAN

Student Name : Dani Mishbah Firmanulloh
NRP : 4210 100 055
Department : Marine Engineering
Lecturer : 1. Irfan Syarif Arief ST, MT.
2. Ir. Toni Bambang M, PGD

Abstract

The propulsion system is a very important part in the operation of a vessel. Propeller is a part of the system. Nowadays, it is very much the type and variation propeller used, Among them are the A-series, B-series, C-Series and K-Series. One type of propeller that exists today is a ducted propeller. In practice, this type of propeller pitch was produced with the standard distribution. In this final project will be carried out research on the effect of changes in the distribution of the pitch of the propeller performance. This final project using CFD methods. In solution, this study shows a variation that has an efficiency of 0.97% higher than the model with normal pitch variation distribution.

Keywords : Pitch Distribution, Ducted , Kaplan Propeller

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil'alamin, puji syukur kehadiran Allah SWT atas karunia Hidayah, Rahmat dan bimbingan-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul **“ANALISA PERUBAHAN DISTRIBUSI PITCH TERHADAP KINERJA PROPELLER JENIS KAPLAN”**

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan baik moril maupun materiil sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Secara khusus penulis sampaikan terima kasih kepada :

1. Ibuku Maslulah S. dan Bapakku Ahsan H.S. yang selalu mendukung dan mendoakan tanpa henti. Mbak Dian Syahria, Mbak Mega, S.T., dan dua adekku tercinta Elya N.M. dan Intan Zaida R. motivasi dan doa untuk penyelesaian skripsi ini.
2. Bapak DR. Ir. A.A Masroeri, M.Eng, selaku Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK – ITS.
3. Bapak Dr.Eng. Trika Pitana, S.T., M.Sc. selaku dosen wali penulis.
4. Bapak Irfan Syarif Arief, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing pertama dan Bapak Ir. Tony Bambang M., PGD. selaku dosen pembimbing kedua.
5. Mas Syafiuddin, S.T. yang selalu memberikan arahan dan bimbingan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
6. Mas Handito W., S.T., mas Nafis, S.T., mas Dayat S.T., dan senior ME09 Lab. MMD yang selalu membantu dan memantau progress penyelesaian skripsi ini.

7. Teman-teman dan segenap pengurus Laboratorium MMD Jurusan Teknik Sistem Perkapalan terutama sdr. Achwan Satya K. yang telah membantu “*running*”.
8. Teman-teman seperjuangan skripsi pada bidang MMD, M. Wahyu F., Satrio Eko Yulianto, dan segenap teman-teman Lintas Jalur bidang MMD.
9. Teman-teman seperjuangan “Kontrakan Keputih Perintis V No. 24 A” yang telah mendukung dan memotivasi selama pengerjaan skripsi ini.
10. Teman-teman tercinta jurusan Teknik Sistem Perkapalan angkatan 2010 (PINISI ‘10), terimakasih atas motivasi dan dukungannya.
11. Dan semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.

Dalam penyusunan skripsi ini penulis merasakan bahwa laporan ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun akan sangat diharapkan oleh penulis. Akhir kata, semoga semua ini mendapat berkah dan rahmat dari Allah SWT dan dapat bermanfaat bagi para pembaca maupun penulis untuk bahan studi dan review selanjutnya di masa mendatang. Mohon maaf atas kekhilafan.

Surabaya, 21 Januari 2015

Penulis

DAFTAR ISI

Abstrak	i
Abstract	iii
Kata Pengantar	v
Daftar Isi	vii
Daftar Gambar	ix
Daftar Tabel	xi

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Batasan Masalah.....	1
1.4 Tujuan.....	2
1.5 Manfaat Penulisan	2

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Telaah Pustaka.....	3
2.2 Dasar Teori	4
2.2.1 <i>Propeller</i>	4
2.2.2 <i>Ducted Propeller</i>	4
2.2.3 <i>Nozzles</i>	5
2.2.4 <i>Pitch</i>	7
2.2.5 Karakteristik <i>Open Water</i>	9
2.2.6 Gaya Gesek dan Gaya Angkat	9
2.2.7 Koefisien Gaya Angkat dan Gaya Gesek.....	10
2.2.8 <i>Computational Fluid Dynamic</i>	11

BAB III METODOLOGI

3.1 Definisi Masalah.....	13
3.2 Studi Literatur.....	13
3.3 Pengumpulan Data	13
3.4 Pembuatan Model dan Variasinya.....	14
3.5 Pengujian Model dan Pencatatan Data	14
3.6 Analisa Data dan Pembahasan.....	14

3.7	Kesimpulan dan Saran.....	15
BAB IV PENGAMBARAN DAN PENGUJIAN MODEL		
4.1	Pengkodean Model.....	17
4.2	Variasi Model.....	18
4.3	Penggambaran Model.....	18
4.3.1	Penggambaran Model <i>Propeller</i>	20
4.3.2	Penggambaran <i>Nozzle</i>	21
4.4	Pemberian Batasan Pada Model.....	23
4.5	Proses <i>Meshing</i>	24
4.6	Pemberian Batasan Melalui <i>CFX-Pre</i>	24
4.7	Pembacaan Hasil Running.....	25
4.8	Penggambaran Variasi 1 (Ka3-65-V105).....	27
4.9	Penggambaran Variasi 2 (Ka3-65-V205).....	29
4.10	Penggambaran Variasi 3 (Ka3-65-V305).....	30
BAB V ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN		
5.1	Rekapitulasi Model Simulasi.....	33
5.2	Pengambilan Data.....	34
5.3	Pengolahan Data.....	36
5.4	Pembahasan.....	40
5.4.1	Efisiensi Pada Distribusi Normal.....	40
5.4.2	<i>Thrust</i> Pada Distribusi Normal.....	43
5.4.3	<i>Torque</i> Pada Distribusi Normal.....	47
5.4.4	Distribusi Normal Vs Variasi Distribusi <i>Pitch</i>	50
5.4.5	Distribusi Normal Vs Variasi Distribusi <i>Pitch</i> dengan kondisi <i>astern run</i>	56
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		
6.1	Kesimpulan.....	61
6.2	Saran.....	61
DAFTAR PUSTAKA		63
LAMPIRAN		

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Kode model tanpa variasi.....	18
Tabel 4.2	Kode model dengan variasi.....	19
Tabel 4.3	Data ordinat <i>kort nozzle</i> 22	21
Tabel 4.4	Data Koordinat <i>kort nozzle</i> 22.....	22
Tabel 4.5	Perhitungan sudut <i>pitch</i> dari variasi 1	28
Tabel 4.6	Variasi nilai P/D optimasi	29
Tabel 4.7	Perhitungan sudut <i>pitch</i> dari variasi 2.....	29
Tabel 4.8	Perhitungan sudut serang pada 0.6 r/R.....	31
Tabel 4.9	Sudut <i>pitch</i> dari variasi 3.....	32
Tabel 5.1	Rekapitulasi Model Simulasi Normal	33
Tabel 5.2	Rekapitulasi Model Simulasi Variasi.....	34
Tabel 5.3	Data keluaran hasil simulasi model Ka3-35-N05	35
Tabel 5.4	Hasil perhitungan data model simulasi Ka3-35-N05	39
Tabel 5.5	Data keluaran hasil simulasi model Ka3-65-N05	50
Tabel 5.6	Hasil perhitungan data model simulasi Ka3-65-N05	51
Tabel 5.7	Data keluaran hasil simulasi model Ka3-65-V105	51
Tabel 5.8	Hasil perhitungan data model simulasi Ka3-65-V105	52
Tabel 5.9	Data keluaran hasil simulasi model Ka3-65-V205	52
Tabel 5.10	Hasil perhitungan data model simulasi Ka3-65-V205	53
Tabel 5.11	Data keluaran hasil simulasi model Ka3-65-V305	53
Tabel 5.12	Hasil perhitungan data model simulasi Ka3-65-V305	54
Tabel 5.13	Hasil perhitungan data model simulasi <i>astern run</i> Ka3-65-N05	57

Tabel 5.14	Hasil perhitungan data model simulasi <i>astern run</i> Ka3-65-V105	57
Tabel 5.15	Hasil perhitungan data model simulasi <i>astern run</i> Ka3-65-V205	58
Tabel 5.16	Hasil perhitungan data model simulasi <i>astern run</i> Ka3-65-V305	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	(A) <i>Accelerating Duct</i> ; (B) <i>decelerating duct</i>	5
Gambar 2.2	Kondisi aliran pada <i>propeller</i> dengan dan tanpa selubung	5
Gambar 2.3	Geometri dari selubung (<i>duct</i>)	6
Gambar 2.4	Penampang Garis Spiral dari <i>blade section</i>	7
Gambar 2.5	Penampang bidang <i>Y-Z</i> dan bidang <i>X-Z</i>	8
Gambar 2.6	Definisi sudut <i>pitch</i>	8
Gambar 3.1	Diagram Alir Metodologi Penelitian	16
Gambar 4.1	Koordinat dan Garis <i>Ka-propeller</i>	20
Gambar 4.2	Pemodelan <i>Ka-propeller</i> dengan <i>Boss propeller</i>	20
Gambar 4.3	Pemodelan <i>kort nozzle</i>	23
Gambar 4.4	<i>Ka-series</i> dengan <i>accelerating kort nozzle</i>	23
Gambar 4.5	<i>Wall, Inlet, dan Outlet</i>	24
Gambar 4.6	Model yang telah ter- <i>meshing</i>	24
Gambar 4.7	Pemberian batasan pada <i>CFX-pre</i>	25
Gambar 4.8	Pengambilan data melalui <i>function calculator</i>	25
Gambar 4.9	Kontur kecepatan aliran fluida pada model yang disimulasikan	26
Gambar 4.10	Kontur kecepatan aliran fluida pada daun <i>propeller</i> yang disimulasikan pada <i>axis</i> poros	26
Gambar 4.11	Kontur tekanan pada daun <i>propeller</i> yang disimulasikan	27
Gambar 4.12	Grafik <i>pitch distribution</i> yang optimal dari <i>MAU- propeller</i>	27
Gambar 4.13	<i>Propeller Ka-3-65-V105</i>	28
Gambar 4.14	<i>Propeller Ka-3-65-V205</i>	30
Gambar 4.15	Grafik hasil simulasi <i>foil</i> pada 0.6r/R	31
Gambar 4.16	<i>Propeller Ka-3-65-V305</i>	32
Gambar 5.1	Grafik efisiensi terhadap nilai <i>J</i> pada <i>Ka3-35</i>	40

Gambar 5.2	Grafik efisiensi terhadap nilai J pada Ka3-50	41
Gambar 5.3	Grafik efisiensi terhadap nilai J pada Ka3-65	41
Gambar 5.4	Grafik efisiensi terhadap nilai J pada Ka4-40	42
Gambar 5.5	Grafik efisiensi terhadap nilai J pada Ka4-55	42
Gambar 5.6	Grafik efisiensi terhadap nilai J pada Ka4-70	43
Gambar 5.7	Grafik <i>thrust</i> terhadap nilai J pada Ka3-35	44
Gambar 5.8	Grafik <i>thrust</i> terhadap nilai J pada Ka3-50	44
Gambar 5.9	Grafik <i>thrust</i> terhadap nilai J pada Ka3-65	45
Gambar 5.10	Grafik <i>thrust</i> terhadap nilai J pada Ka4-40	45
Gambar 5.11	Grafik <i>thrust</i> terhadap nilai J pada Ka4-55	46
Gambar 5.12	Grafik <i>thrust</i> terhadap nilai J pada Ka4-70	46
Gambar 5.13	Grafik <i>torque</i> terhadap nilai J pada Ka3-35 ...	47
Gambar 5.14	Grafik <i>torque</i> terhadap nilai J pada Ka3-50 ...	47
Gambar 5.15	Grafik <i>torque</i> terhadap nilai J pada Ka3-65 ...	48
Gambar 5.16	Grafik <i>torque</i> terhadap nilai J pada Ka4-40 ...	48
Gambar 5.17	Grafik <i>torque</i> terhadap nilai J pada Ka4-55 ...	49
Gambar 5.18	Grafik <i>torque</i> terhadap nilai J pada Ka4-70 ...	49
Gambar 5.19	Grafik efisiensi terhadap nilai J pada model variasi	54
Gambar 5.20	Grafik nilai <i>thrust</i> terhadap putaran <i>propeller</i> pada model variasi	55
Gambar 5.21	Grafik nilai <i>torque</i> terhadap putaran <i>propeller</i> pada model variasi	56
Gambar 5.22	Grafik nilai <i>thrust</i> terhadap putaran <i>propeller</i> dengan kondisi <i>astern run</i>	59
Gambar 5.23	Grafik nilai <i>torque</i> terhadap putaran <i>propeller</i> dengan kondisi <i>astern run</i>	59
Gambar 5.24	Grafik nilai efisiensi terhadap putaran <i>propeller</i> dengan kondisi <i>astern run</i>	59

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kapal memiliki beberapa sistem yang kompleks dan rumit di dalamnya. Untuk menjalankan sebuah kapal, maka diperlukan gaya dorong dari sistem propulsinya untuk melawan gaya hambat dari air. *Propeller* merupakan bagian dari sistem propulsi kapal yang paling umum digunakan. *Propeller* meneruskan daya dari *main engine* untuk menghasilkan gaya dorong kapal.

Salah satu jenis dari *propeller* yang ada pada saat ini adalah *Ducted Propeller*. Dalam penerapannya, *propeller* jenis ini masih diproduksi dengan *pitch distribution* yang standar. Dalam dalam tugas akhir ini akan dilakukan penelitian mengenai pengaruh perubahan distribusi *pitch* terhadap kinerja *propeller* tersebut.

1.2. Rumusan Masalah

Dari penjelasan di atas, rumusan masalah yang akan dibahas dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah bagaimana pengaruh perubahan distribusi *pitch* terhadap kinerja *propeller* jenis Kaplan jika dibandingkan dengan distribusi *pitch* yang standar.

1.3. Batasan Masalah

Untuk lebih menfokuskan permasalahan yang akan dianalisa pada tugas akhir ini, maka akan dibatasi permasalahannya sebagai berikut :

- a. Menggunakan *propeller* tipe Ka – Series dengan diameter sebesar 2 meter
- b. Jenis *ducting* yang digunakan adalah *accelerating duct* kaplan 22.
- c. *Propeller* 3 daun dengan A_e/A_o 35 , 50 , 65

- d. *Propeller* 4 daun dengan A_e/A_o 40 , 55 , 70
- e. Pitch ratio (P/D) 0,5 ; 0,7 dan 0,9
- f. Koefisien Advanced yang digunakan adalah 0,3 ; 0,4 ; 0,5 ; 0,5 ; 0,6 ; 0,7 ; 0,8 ; 0,9
- g. Analisa yang dilakukan dengan mengabaikan faktor maupun kondisi aliran air (fluida) dari lambung.
- h. Pengujian *propeller* bersifat *Open Water Test* dengan menggunakan *software CFD*.

1.4. Tujuan

Tujuan utama dari pengerjaan tugas akhir ini adalah untuk mendapatkan kinerja dari *propeller* Kaplan setelah adanya perubahan distribusi *pitch*.

1.5. Manfaat Penulisan

- a. Mengetahui kinerja dari *propeller* jenis Kaplan sebelum dan sesudah perubahan distribusi *pitch*.
- b. Sebagai bahan pertimbangan untuk pengembangan penelitian selanjutnya.
- c. Referensi teknis untuk keperluan akademik.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Telaah Pustaka

Propeller merupakan komponen penting dalam menjalankan sebuah kapal. Dalam perkembangannya, *propeller* terus diteliti untuk mendapatkan performa terbaik. Dalam beberapa kasus, *propeller* diteliti menggunakan perhitungan matematis dengan pendekatan tertentu atau metode tertentu. Beberapa yang lain menggunakan *software* dan atau uji secara langsung (misal : *open water test*). Penelitian tersebut juga sudah dilakukan oleh Taek S. Jang et-al (2001), William Bowles (1989), Bertetta D., et-al (2011).

Taek S. Jang et-al (2001) meneliti *propeller* jenis MAU. Penelitian ini merupakan jenis penelitian analitis dengan menggunakan *Hilbert Space Theory*. Dengan perumusan dan algoritma tertentu, didapatkan nilai *pitch* yang mempunyai nilai lebih besar dari kondisi normal. *Pitch* awal sebesar 171.44 mm dan dioptimasi sampai 182.315 mm. Penulis juga menyarankan bahwa metode tersebut diaplikasikan ke-*propeller* jenis lain.

William Bowles (1989). Pada disertasi ini, dilakukan penelitian terhadap beberapa jenis *propeller*, salah satunya adalah *Ducted Propeller*. Penelitian ini dihitung menggunakan algoritma khusus sehingga didapatkan perbandingan nilai P/D yang optimal.

Bertetta D., et-al (2011). Penelitian ini dilakukan pada *propeller* jenis CPP. Pengujian model dilakukan dengan metode *open water test*. Variasi yang digunakan adalah beberapa kondisi *pitch* yang berbeda sehingga didapatkan pengaruh kavitasi dan getaran pada *propeller*.

2.2. Dasar Teori

2.2.1. *Propeller*

Propeller merupakan bagian dari sistem propulsi yang terdapat pada kapal. Dalam dunia perkapalan biasa disebut dengan *Marine Screw Propeller*. *Propeller* berfungsi mengubah gerakan rotasi dari *main engine* menjadi gaya dorong pada kapal.

Propeller berotasi pada garis sumbu poros. Pada kondisi normal (*forward operation*), *propeller* akan berotasi searah jarum jam ketika dilihat dari belakang menuju poros. Bagian tepi dari daun *propeller* yang depan (searah putaran *propeller*) disebut sebagai *leading edge*. Sedangkan sisi yang lain disebut *trailing edge*. Permukaan dari daun *propeller* yang terlihat dari bagian sisi poros disebut *back* dan sisi lain disebut *face*. [2]

Saat ini dunia maritim telah mengenal berbagai jenis *propeller* sebagai bagian dari perkembangan sistem propulsi. Diantaranya adalah *A-series*, *B-series*, *C-Series* dan *K-Series*. Selain itu, berdasarkan fungsi *pitch*, *propeller* dibagi menjadi 2 yakni FPP (*fixed pitch propeller*) dan CPP (*controllable pitch propeller*).

2.2.2. *Ducted Propeller*

Jenis *propeller* ini, sesuai dengan namanya yakni menggunakan selubung (*duct*) dengan ukuran tertentu. Pemasangan ini bertujuan untuk meningkatkan gaya dorong (*thrust*). Selain itu, pemasangan selubung (*duct*) juga bertujuan untuk mengarahkan aliran air yang akan melewati *propeller*. Dengan diameter masuk lebih besar (untuk *accelerating duct*), sehingga laju aliran pada *propeller* akan naik.

Propeller yang digunakan pada *ducted propeller* berbeda dengan *B-series*. Perbedaan utamanya terletak pada

kontur dari masing-masing daunnya yakni kontur ujung dan ketebalan maksimal dari setiap r/R nya. Kontur daun di desain oleh Kaplan sehingga disebut sebagai *K-propeller*. *K-propeller* yang dipasang dengan *accelerating duct* disebut *Ka-propeller*. Sedangkan yang menggunakan *decelerating duct* disebut *Kd-propeller*. [2]

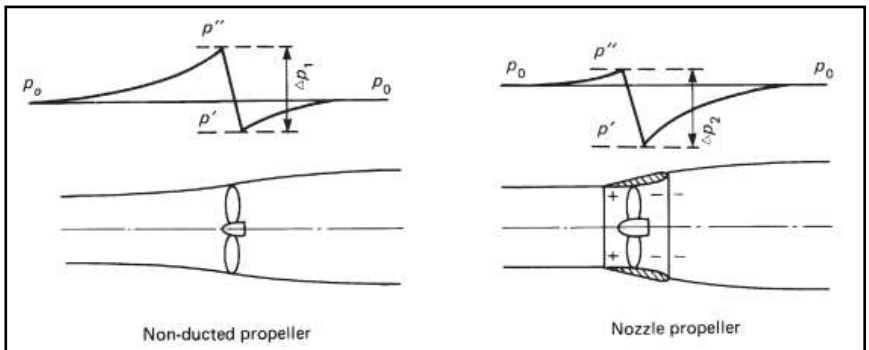
Berikut ini Gambar 3.1 adalah bentuk dari kedua jenis *duct* :



Gambar 2.1. (A) *Accelerating Duct* ; (B) *decelerating duct* [1]

2.2.3. Nozzles

Prinsip dasar dari kerja *nozzles* adalah dengan menerapkan teori momentum pada prinsip dasar sistem propulsi. Gambar 3.2 menggambarkan kondisi aliran pada *propeller* dengan dan tanpa selubung.

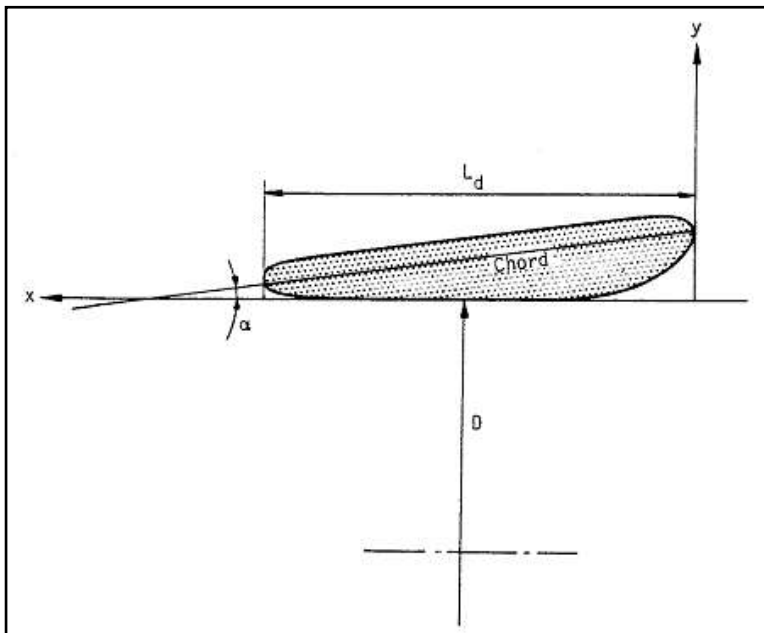


Gambar 2.2. Kondisi aliran pada *propeller* dengan dan tanpa selubung [3]

Berdasarkan prinsip dasar teori momentum menyebutkan bahwa untuk menimbulkan gaya dorong (*thrust*) dengan efisiensi yang baik, volume air adalah sebanyak mungkin dan dengan kecepatan aliran yang seminimal mungkin.[3]

Ka-*propeller* mempunyai 4 jenis selubung (*duct*) yakni 22, 24, 37 dan 19A. Dalam penulisan data sebuah selubung (*duct*), parameter yang paling penting adalah *length ratio* yang dituliskan dengan L_d/D dengan L_d adalah panjang dari selubung (*duct*) dan D adalah diameter dalam dari selubung (*duct*) pada daerah yang segaris dengan *propeller*. [1]

Berikut ini Gambar 3.3 menerangkan geometri dasar dari sebuah selubung (*duct*) secara umum.

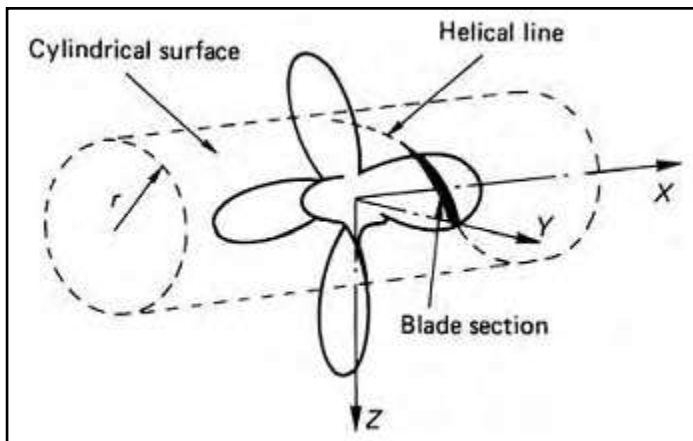


Gambar 2.3. Geometri dari sebuah Selubung (*duct*) [2]

Nozzle 19 A merupakan jenis selubung yang paling umum digunakan. *Nozzle* ini memiliki bentuk bulat pada kedua ujungnya. Untuk *nozzle* 22 dan 24 memiliki bentuk lebih panjang daripada selubung 19A. *Nozzle* ini akan sangat bagus jika diaplikasikan pada *bollard pull* dengan daya yang besar. Ketika *bollard pull* dioperasikan maju ataupun mundur, desain selubung 37 akan sangat efektif.[2]

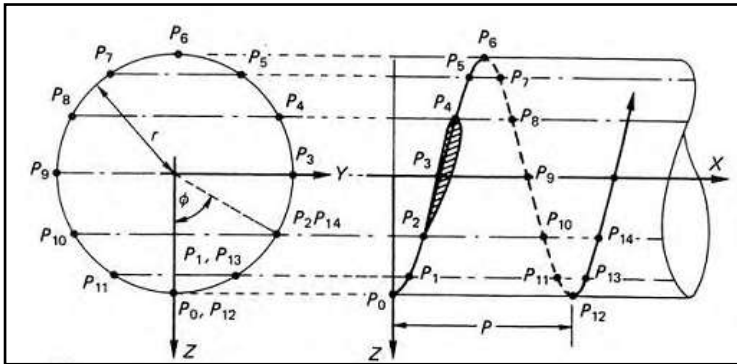
2.2.4. Pitch

Pitch merupakan jarak translasi (*axial*) pada satu putaran penuh dari sebuah *propeller*. Berikut ini Gambar 3.4 yang menjelaskan garis spiral dari *blade section* (*foil*) pada permukaan tabung berjari-jari r dalam sumbu XYZ. [4]

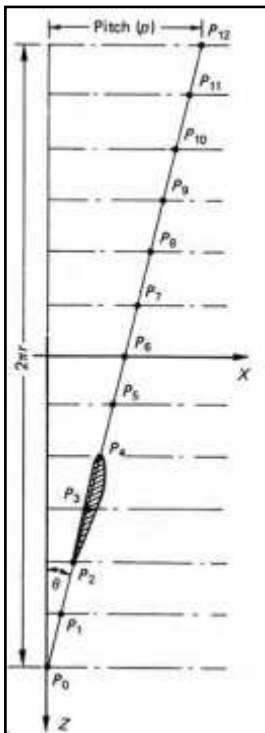


Gambar 2.4. Penampang Garis Spiral dari *blade section* [1]

Ketika *blade section* berputar terhadap sumbu OX pada bidang $Y-Z$ sebesar 360° atau 2π radian, maka pada bidang $X-Z$ dapat dihitung jarak terhadap posisi awal dari *blade section* searah sumbu OX . Jarak inilah yang dinamakan *pitch*. Gambar 3.5 berikut ini menjelaskan bagaimana posisi *blade section* pada bidang $Y-Z$ dan bidang $X-Z$. [1]



Gambar 2.5. Penampang bidang Y-Z dan bidang X-Z.



Dari posisi P_0 sampai P_{12} maka panjang *pitch* dapat dilihat pada Gambar 3.6. Berdasarkan hasil tersebut, didefinisikan rumusan matematis dalam mencari nilai P (*pitch*). [1]

$$P = 2 \pi r \tan \theta \quad (1)$$

Dimana :

P = *pitch* (m)

θ = sudut *pitch* (deg)

r = jari – jari *blade section* (m)

Gambar 2.6. Definisi Sudut *pitch* [1]

2.2.5. Karakteristik *Open Water*

Karakteristik beban propeler dapat ditampilkan dengan grafik oleh beberapa koefisien dalam bentuk ukuran. Diagram memberikan *torque* dan *thrust* sebagai fungsi kecepatan. Karakteristik propeler terdiri dari koefisien *thrust* (K_T), koefisien *torque* (K_Q), dan koefisien *advanced* (J). [1]

$$K_T = \frac{T}{\rho n^2 D^4} \quad (2)$$

$$K_Q = \frac{Q}{\rho n^2 D^5} \quad (3)$$

$$J = \frac{V_a}{nD} \quad (4)$$

Dimana :

ρ = massa jenis fluida (*Fluid Density*)

D = diameter *propeller*

n = putaran *propeller*

V_a = *advance speed*

T = *thrust propeller*

Q = *torque propeller*

Untuk nilai efisiensi propeler pada open water diberikan rumus:

$$\eta_0 = \frac{TV_a}{2\pi nQ} \quad (5)$$

2.2.6. Gaya Gesek (*force drag*) dan Gaya Angkat (*force lift*)

Tegangan - tegangan yang dikalikan dengan masing-masing luas di mana mereka bekerja akan menghasilkan gaya-gaya sedang jumlah gaya-gaya ini pada sebuah potongan khayal haruslah menjaga benda dalam keseimbangannya.[8]

Komponen lain dari intensitas gaya yang bekerja sejajar dengan bidang dari luas elementer. Komponen

intensitas gaya ini disebut tegangan geser (*shearing stress*). Ini dilambangkan dengan τ (tau). Secara matematis didefinisikan sebagai.

$$\tau = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta V}{\Delta A} \quad (6)$$

Sehingga untuk mendapatkan gaya gesek, persamaan (6) dapat ditulis dengan persamaan :

$$F = \tau \times A \quad (7)$$

Dimana

F = Gaya Gesek (N)

τ = *Wall Shear* (N/ m²)

A = Luasan *blade* (m²)

Kemudian untuk mendapatkan gaya angkat, persamaan (6) dapat ditulis dengan persamaan :

$$F = P \times A \quad (8)$$

Dimana

F = Gaya angkat (N)

P = *Pressure* (N/ m²)

A = Luasan *blade* (m²)

2.2.7. Koefisien Gaya Angkat (*lift*) dan Gaya Gesek (*drag*)

Gaya angkat atau *lift* didefinisikan sebagai komponen gaya yang bekerja pada sebuah bidang yang sejajar terhadap arah aliran dengan arah yang tegak lurus terhadap arah aliran. Sedangkan gaya gesek (*drag*) adalah sebuah gaya yang secara langsung berlawanan terhadap arah gerak dari sebuah *foil* atau *wing*. [7]

Koefisien gaya angkat akan naik hampir secara lineir mengikuti perubahan dari sudut serang (*angle of attack*) sampai titik maksimum tertentu. Sedangkan gaya gesek akan turun pada titik minimum tertentu juga. Sehingga terdapat *lift-drag ratio* untuk mengetahui pada posisi mana sudut serang terbaik pada *foil* tersebut. [7]

Berikut adalah persamaan untuk mendapatkan nilai koefisien *lift* dan koefisien *drag*.

$$C_L = \frac{2F_L}{\rho V^2 A} \quad (9)$$

$$C_D = \frac{2F_D}{\rho V^2 A} \quad (10)$$

Dimana :

F_L = Gaya angkat (N)

F_D = Gaya geser (N)

ρ = Massa jenis fluida (Kg/m^3)

V = Kecepatan aliran fluida (m/s)

A = Luasan *foil* (m^2)

2.2.8. Computational Fluid Dynamic

Program CFD yang digunakan disini adalah sebagai alat bantu pemodelan atas konfigurasi *propeller* yang akan dianalisa. Selanjutnya dilakukan modifikasi bentuk atau variasi, dimulai dari banyaknya blade, diameter serta *pitch propeller*. Dari pemodelan ini nantinya akan diperoleh data yang digunakan untuk menganalisa kinerja dari *propeller* tersebut. Computational Fluid Dynamic merupakan ilmu sains dalam penentuan penyelesaian numerik dinamika fluida.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

Metodologi penelitian adalah kerangka dasar dari tahapan penyelesaian tugas akhir. Metodologi tersebut mencakup semua kegiatan yang akan dilaksanakan untuk memecahkan masalah atau melakukan proses analisa terhadap permasalahan skripsi ini. Metodologi tugas akhir ini dapat dilihat secara lengkap melalui Gambar 3.1 . penjelasan untuk seluruh proses dapat dijelaskan sebagai berikut :

3.1. Definisi Masalah

Pada proses ini akan dilakukan suatu identifikasi dan perumusan masalah yaitu tentang analisa aliran pada *ducted propeller* dengan metode pembuatan model dengan *computational fluid dynamic (cfd)*. Variabel yang divariasikan adalah jumlah daun, P/D , area ratio, koefisien advanced dan distribusi *pitch*. Kemudian didapatkan nilai *thrust* dan *torque* pada ducted propeller tersebut.

3.2. Studi Literatur

Tahap selanjutnya adalah melakukan studi literatur dengan tujuan untuk merangkum teori-teori dasar, acuan secara umum dan khusus, serta untuk memperoleh berbagai informasi pendukung lainnya yang berhubungan dengan pengerjaan tugas akhir ini. Studi literatur ini dapat diperoleh dari buku, jurnal, paper atau dari internet yang mendukung bahasan dari tugas akhir ini. Selain itu bisa juga dengan melakukan tanya jawab dengan pihak yang berkepentingan dan berkompeten pada bahasan ini.

3.3. Pengumpulan Data

Berdasarkan kerangka yang sudah ditentukan dalam definisi masalah dan studi literatur yang telah dilakukan maka didapatkan beberapa data tetap dan data variasi. Data

tetap terdiri dari jenis *propeller* Kaplan dengan diameter 2 meter. *Propeller* ini akan dimodelkan dengan ducting jenis 22 dengan nilai L/D sebesar 0.8. Untuk data variasi adalah jumlah daun *propeller* dengan A_e/A_0 yakni untuk daun 3 dengan nilai 0.35 ; 0.5 dan 0.65 sedangkan untuk daun 4 dengan nilai 0.4 ; 0.55 dan 0.7. Variasi nilai P/D adalah 0.5 ; 0.7 dan 0.9.

3.4. Pembuatan Model *Ducted Propeller* dan Variasinya

Pembuatan model *propeller* menggunakan software CFD. Model *ducted propeller* yang akan dibuat berdasarkan pada batasan masalah yang sudah ditentukan. Model akan digambar dan di-*meshing* pada *ICEM CFD*. Dilanjutkan dengan pemberian batasan (*boundary condition*) pada *CFX pre*.

3.5. Pengujian Model dan Pencatatan Data

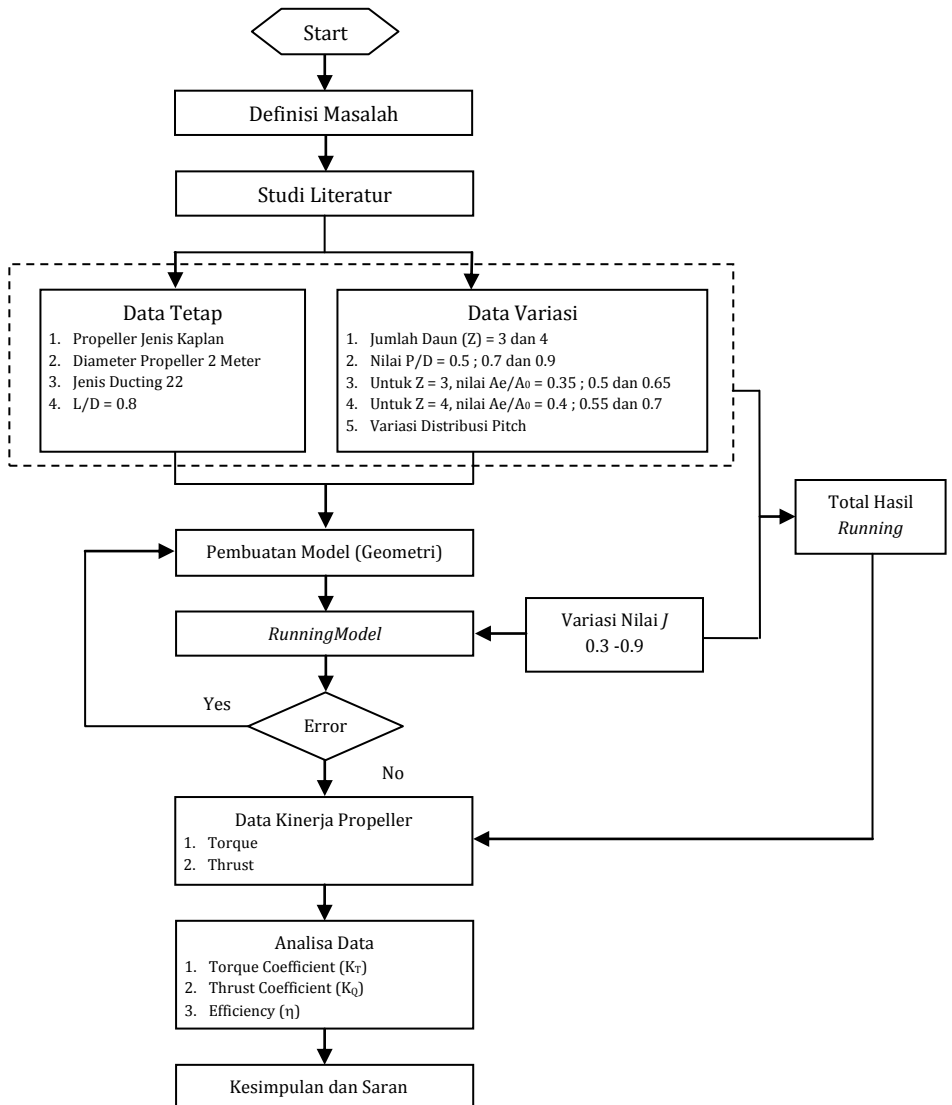
Setelah pembuatan model yang sudah di variasi selesai maka langkah selanjutnya yaitu pengujian model dan pencatatan data, pengujian model dilakukan dengan memberi kecepatan aliran dari tiap - tiap sudu, kecepatan aliran yang diberi berdasarkan variasi nilai J . Pengujian model ini bertujuan untuk mengetahui nilai *thrust* dan *toque* akibat adanya variasi – variasi yang telah ditentukan sebelumnya.

3.6. Analisa Data dan Pembahasan

Setelah dilakukan simulasi pada CFD tersebut, selanjutnya adalah analisa data dan pembahasan. Hasil simulasi akan dilakukan perhitungan secara analitis dan selanjutnya dibuat grafik kinerja *propeller*. Dari grafik hasil variasi akan dianalisa terhadap kinerja dari *propeller* jenis Kaplan ini.

3.7. Kesimpulan dan Saran

Setelah dilakukan analisa data dan pembahasan selanjutnya adalah menarik kesimpulan dari analisa data yang sudah dilakukan dan memberikan saran-saran atau rekomendasi yang relevan sebagai pertimbangan di waktu yang akan datang.



Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian

BAB IV

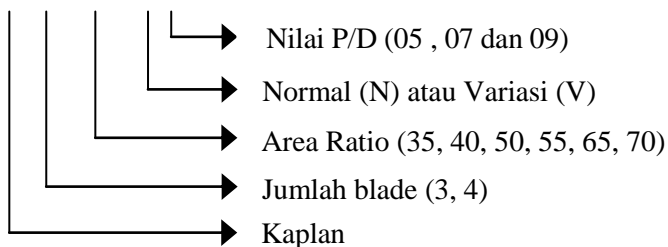
PENG GAMBARAN DAN PENG UJIAN MODEL

Pada bab ini akan dijelaskan langkah-langkah dalam pembuatan model dan pengujian model. Perencanaan pembuatan model didasarkan pada batasan masalah yang sudah dijelaskan pada bab sebelumnya. Ada beberapa tahapan yang dilakukan untuk mendapatkan suatu model sehingga dapat dilakukan proses *flow simulation*. Langkah – langkah ini sangat berkaitan dan tidak dapat dipisahkan satu sama lainnya karena akan mempengaruhi proses simulasi yang akan dilakukan. Selanjutnya, untuk proses pengujian model (*flow simulation*) juga dilakukan dalam beberapa tahapan. Mulai dari pemberian batasan sampai proses pengujian dan pengambilan data yang diperlukan.

4.1. Pengkodean Model

Dengan banyaknya variasi maka untuk mempermudah dalam pembacaan dan pemahaman maka diperlukan suatu penamaan guna mengidentifikasi model secara spesifik. Kode penamaan model adalah sebagai berikut :

Ka _ - _ - N _



Sebagai contoh adalah Ka3-35-N05, maka dapat diidentifikasi bahwa model yang digunakan adalah *propeller* dengan jumlah blade 3, Ae/Ao 0,35 dengan tanpa variasi (Normal) dan nilai P/D 0,5. Untuk model

dengan kode V (variasi) terdapat 3 kode yaitu V1 ; V2 dan V3. Hal tersebut dikarenakan terdapat 3 variasi distribusi *pitch* yang akan disimulasikan.

4.2. Variasi Model

Variabel yang divariasikan dalam penggambaran model adalah jumlah daun, nilai P/D, *area ratio*, serta distribusi *pitch*. Untuk jumlah daun adalah 3 daun dan 4 daun. Kemudian untuk *propeller* 3 daun diambil *area ratio* 35, 50 dan 65. Sedangkan untuk daun 4 dengan *area ratio* 40, 55 dan 70. Untuk *pitch ratio* (P/D) 0,5 ; 0,7 dan 0,9. Kemudian dilakukan variasi untuk perubahan distribusi *pitch*. Semua model akan dibuat dalam diameter 2 m dengan jenis *ducting* 22.

4.3. Penggambaran Model

Dalam pengerjaan tugas akhir ini, terdapat dua jenis penggambaran geometri, yakni penggambaran geometri *nozzle* dan geometri Ka- *propeller* dengan menggunakan *software CFD*. Penggambaran model dilakukan dengan tahapan awal menentukan koordinat model hingga pemberian *surface*. Penggambaran model berdasarkan variabel yang telah ditentukan.

Berikut Tabel 4.1 adalah semua model tanpa variasi yang harus dilakukan penggambaran berdasarkan batasan masalah yang telah ditentukan dan sistem pengkodean dari tugas akhir ini.

Tabel 4.1 Kode Model Tanpa Variasi

No	Kode Model
1	Ka3-35-N05
2	Ka3-35-N07
3	Ka3-35-N09
4	Ka3-50-N05

Tabel 4.1 Kode Model Tanpa Variasi (lanjutan)

No	Kode Model
5	Ka3-50-N07
6	Ka3-50-N09
7	Ka3-65-N05
8	Ka3-65-N07
9	Ka3-65-N09
10	Ka4-40-N05
11	Ka4-40-N07
12	Ka4-40-N09
13	Ka4-55-N05
14	Ka4-55-N07
15	Ka4-55-N09
16	Ka4-70-N05
17	Ka4-70-N07
18	Ka4-70-N09

Dalam pengerjaan tugas akhir ini, ditentukan 3 jenis variasi dengan kode sebagai berikut pada Tabel 4.2

Tabel 4.2. Kode Model Dengan Variasi

No	Kode Model
1	Ka3-65-V105
2	Ka3-65-V205
3	Ka3-65-V305

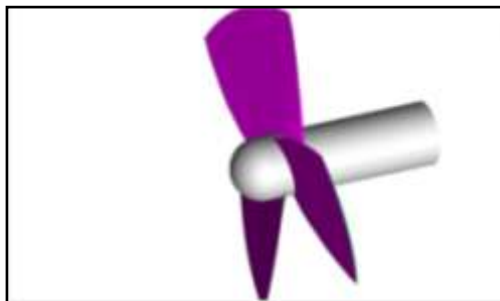
4.3.1. Penggambaran Model *Propeller*

Proses pertama yang dilakukan dalam proses penggambaran *propeller* adalah menentukan koordinat dari masing masing *propeller* tersebut yang didapat dari *Software Marine Propeller Geometry* yang berupa titik. Selanjutnya dari koordinat titik titik tersebut dihubungkan dengan garis. Pada Gambar 4.1 berikut ini adalah model dengan kode Ka3-65-N05.



Gambar 4.1. Koordinat dan Garis Ka Propeller

Koordinat yang telah terhubung dengan garis tersebut selanjutnya diberi *surface*. Apabila tahap tersebut sudah terpenuhi, maka dapat melakukan proses penggambaran boss *propeller*. Diameter boss diambil 0.4 meter.



Gambar 4.2. Pemodelan Ka-Propeller dengan Boss *Propeller*

4.3.2. Penggambaran *Nozzle*

Setelah dilakukan penggambaran geometri dari *ka-propeller*, maka dilanjutkan dengan penggambaran *kort nozzle*. Data ordinat dari *kort nozzle* diperoleh dari referensi [2]. Berikut ini Tabel 4.3 adalah data prosentase terhadap nilai L (panjang dari *duct*). Nilai L didapatkan dari nilai L/D yang diambil dari referensi [1] sebesar 0.8, sehingga nilai L adalah 1.6 meter.

Tabel 4.3. Data Ordinat *Kort Nozzle* 22

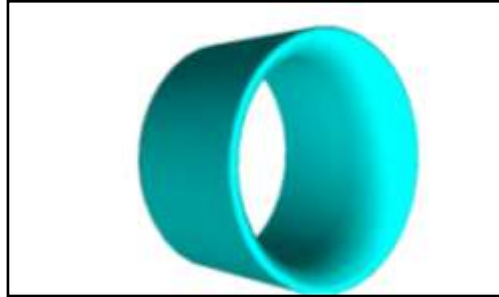
x/L	Y_{inner}/L	Y_{outer}/L
0	18.25	-
1.25	14.66	20.72
2.5	12.80	21.07
5	10.07	20.80
7.5	8.00	straight line
10	6.34	
15	3.87	
20	2.17	
25	1.10	
30	0.48	
40	0	
50	0	
60	0	
70	0.29	
80	0.82	
90	1.45	
95	1.86	
100	2.36	6.36

Dalam mendesain sebuah selubung (*duct*), diperlukan *clearance* sehingga sistem dapat berjalan secara optimal. Besar *clearance* diambil dari referensi [3] sebesar 50 mm. Dalam Tabel 4.4 adalah koordinat dari *duct* yang sudah dimasukkan diameter dari *propeller*. Terlihat dari posisi 0 (*centerline of propeller*) adalah pada 1.025 meter.

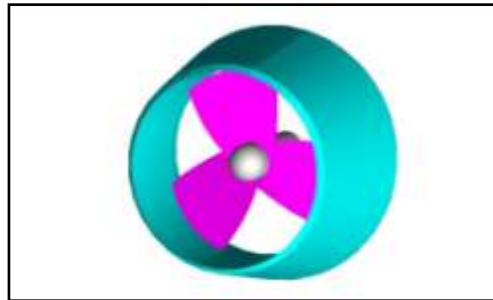
Tabel 4.4. Data Koordinat *Kort Nozzle 22*

x/L	yinner/L	youter/L
0.8	1.317	-
0.78	1.25956	1.35652
0.76	1.2298	1.36212
0.72	1.19892	1.3578
0.68	1.153	straight line
0.64	1.12644	
0.56	1.08692	
0.48	1.05972	
0.4	1.0426	
0.32	1.03268	
0.16	1.025	
0	1.025	
-0.16	1.025	
-0.32	1.02964	
-0.48	1.03812	
-0.64	1.0482	
-0.72	1.05476	1.12676
-0.8	1.06276	-

Setelah dilakukan penggambaran sesuai Tabel 4.4 pada *software CFD* dan diberikan *surface*, maka terlihat pada Gambar 4.3 adalah *kort nozzle 22*.



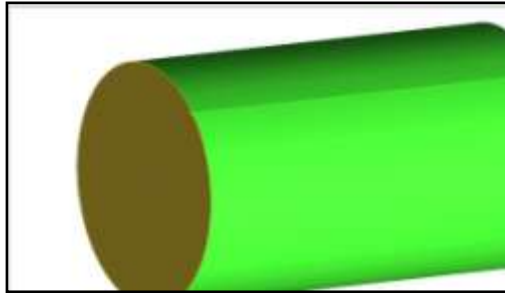
Gambar 4.3. Pemodelan *Kort Nozzle 22*



Gambar 4.4. Ka Series dengan *Accelerating Kort Nozzle 22*

4.4. Pemberian Batasan Pada Model

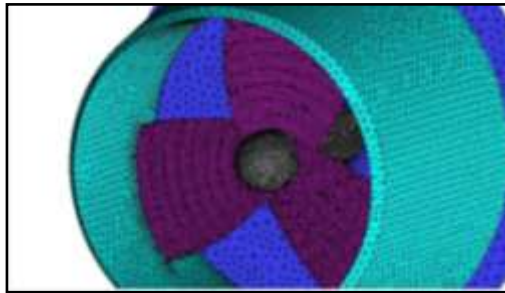
Pemberian batasan pada model *ducted propeller* merupakan salah satu syarat agar model dapat disimulasikan pada *software CFD*. Pemberian batasan pada model adalah memberikan definisi geometri untuk *inlet*, *outlet* dan *wall* dari model *ducted propeller*.



Gambar 4.5 *Wall, Inlet dan Outlet*

4.5. **Proses *Meshing***

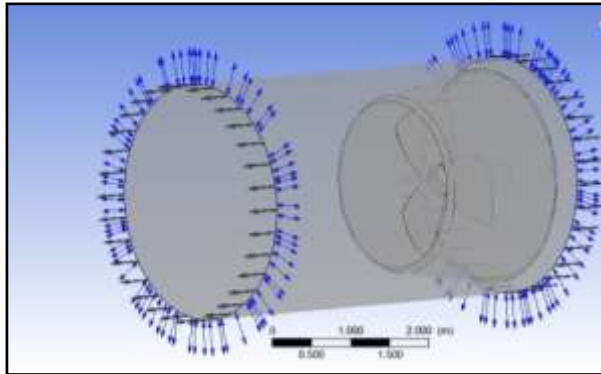
Proses *meshing* dilakukan pada model sehingga model dapat dianalisa pada *CFX – Post*. Pada model ini, bagian dari blade harus dilakukan *meshing* lebih kecil (detail), sehingga didapatkan model yang lebih bagus.



Gambar 4.6 Model yang telah ter-*meshing*

4.6. **Pemberian Batasan Melalui *CFX-Pre***

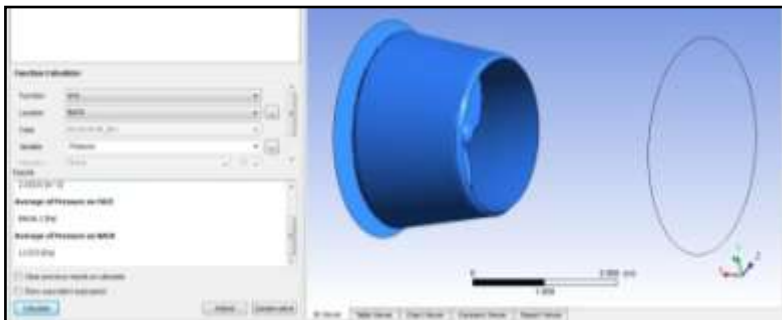
Dalam tahap ini, direncanakan berapa kecepatan aliran yang masuk, tekanan pada *outlet*, dan kondisi lingkungan. Setiap bagian dari model harus didefinisikan, sehingga dapat dianalisa dengan baik.



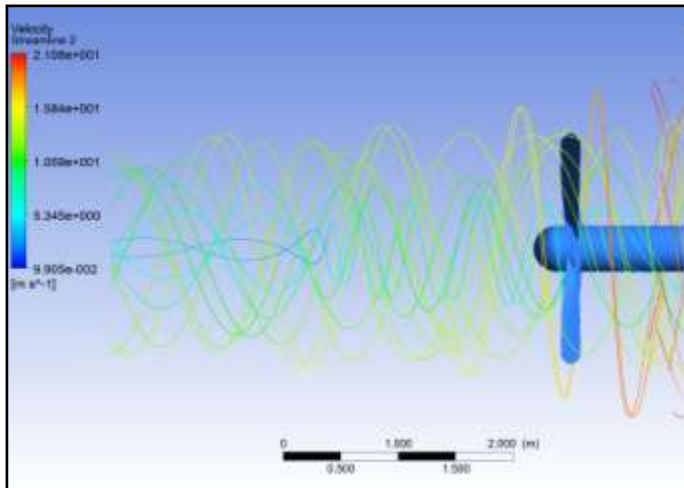
Gambar 4.7 Pemberian Batasan Pada *CFX – Pre*

4.7. Pembacaan Hasil Running

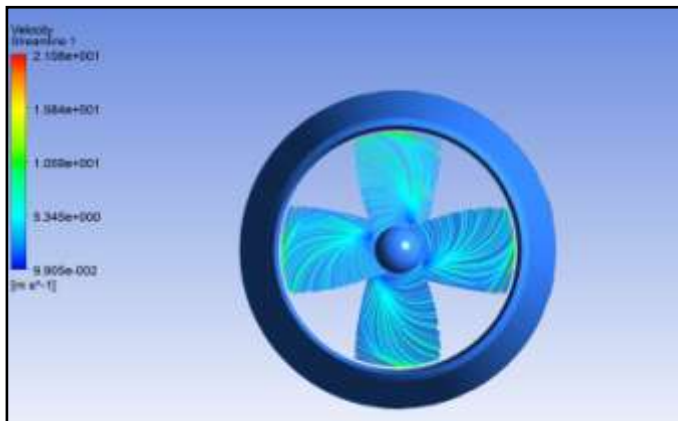
Setelah tahap *running*, dapat diambil data yang diperlukan melalui *CFX – Post* dengan menu *function calculator*. Dari *CFX – Post* juga dapat diambil grafik kontur tekanan, kecepatan dan gaya gesek serta torsi yang terjadi. Data-data tersebut digunakan dalam proses perhitungan kinerja *propeller* yang disimulasikan.



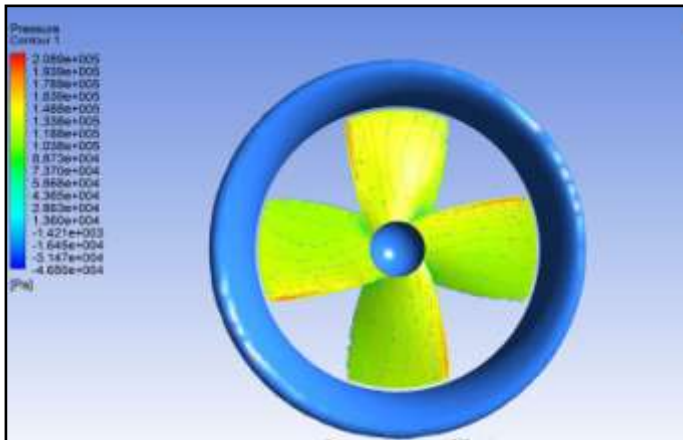
Gambar 4.8 Pengambilan data melalui *Function Calculator*



Gambar 4.9 Kontur kecepatan aliran fuida pada model yang disimulasikan



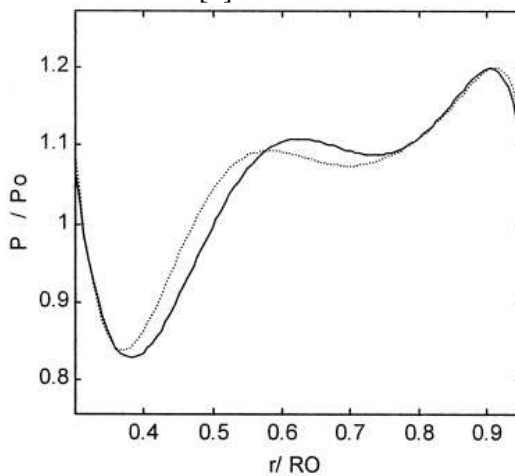
Gambar 4.10 Kontur kecepatan aliran fuida pada daun *propeller* yang disimulasikan pada *axis* poros



Gambar 4.11 Kontur tekanan pada daun propeller yang disimulasikan

4.8. Penggambaran Variasi 1 (Ka3-65-V105)

Variasi 1 dimodelkan berdasarkan Gambar 4.12 yang didapat dari referensi [5].



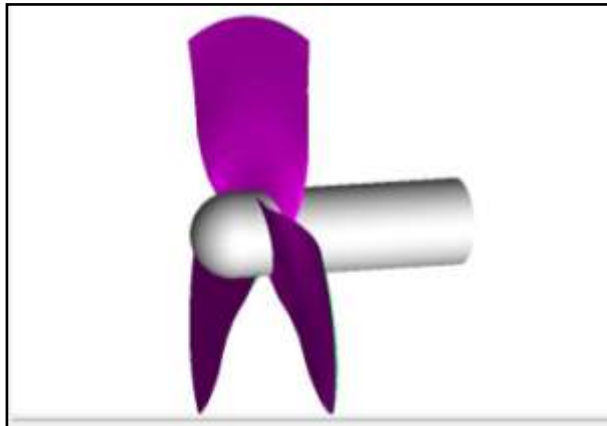
Gambar 4.12 Grafik *pitch distribution* yang optimal dari MAU *propeller*.

Selanjutnya dari grafik tersebut didapatkan nilai P/P_0 pada setiap r/R . Nilai P/P_0 bisa ditulis P_1/P untuk memudahkan dalam perhitungan. Model yang akan divariasikan *pitch*-nya menggunakan nilai P_1/P adalah Ka3-65-N05, dari kode tersebut bisa diambil data $P/D = 0.5$. Untuk memperoleh sudut *pitch* dari variasi tersebut menggunakan persamaan (1), maka berikut adalah Tabel 4.5 sebagai hasil perhitungan tersebut.

Tabel 4.5 Perhitungan sudut *pitch* dari variasi 1

r/R	P_1/P	P/D	P1/D	θ	θ
				(Radian)	(Degree)
0.4	0.86289	0.5	0.43145	0.3307	18.9492
0.5	1.04389	0.5	0.52195	0.3208	18.3806
0.6	1.08989	0.5	0.54495	0.2815	16.1247
0.7	1.07206	0.5	0.53604	0.2391	13.6987
0.8	1.10782	0.5	0.55391	0.2169	12.4289
0.9	1.19641	0.5	0.59821	0.2085	11.9461

Berikut adalah Gambar 4.13 *propeller* variasi 1 atau dengan kode Ka3-65-V105.



Gambar 4.13 *Propeller* Ka3-65-V105

4.9. Penggambaran Variasi 2 (Ka3-65-V205)

Variasi 2 dimodelkan berdasarkan data pada Tabel 4.6 dibawah ini yang diambil dari referensi [6].

Tabel 4.6 Variasi Nilai P/D Optimasi

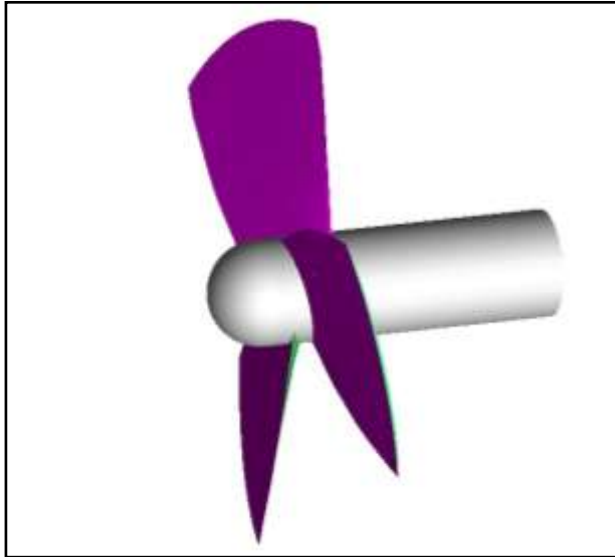
r/R	P/D	
	Initial	Final
0.3	0.9096	0.982
0.4	0.9657	0.9987
0.5	0.9804	0.9954
0.6	0.9919	0.9945
0.7	1.0025	0.991
0.8	1.0154	1.0065
0.9	1.0351	1.035
1	1.0608	1.022

Dengan menggunakan referensi diatas, maka dapat ditentukan nilai variasi sudut *pitch* untuk Ka3-65-V205, seperti terlihat pada Tabel 4.7 berikut ini :

Tabel 4.7. Perhitungan sudut *pitch* dari variasi 2

r/R	P/D		θ	θ
	Initial	Final	Rad	Deg
0.3	0.214286	0.231342	0.240702	13.79123
0.4	0.285714	0.295478	0.230939	13.23181
0.5	0.357143	0.362607	0.226869	12.99862
0.6	0.428571	0.429695	0.22413	12.84171
0.7	0.5	0.494264	0.221082	12.66708
0.8	0.571429	0.56642	0.221668	12.70063
0.9	0.642857	0.642795	0.223543	12.80805
1	0.714286	0.68816	0.215642	12.35539

Berikut adalah Gambar 4.14 *propeller* variasi 2 atau dengan kode Ka3-65-V205.



Gambar 4.14 *Propeller* Ka3-65-V205

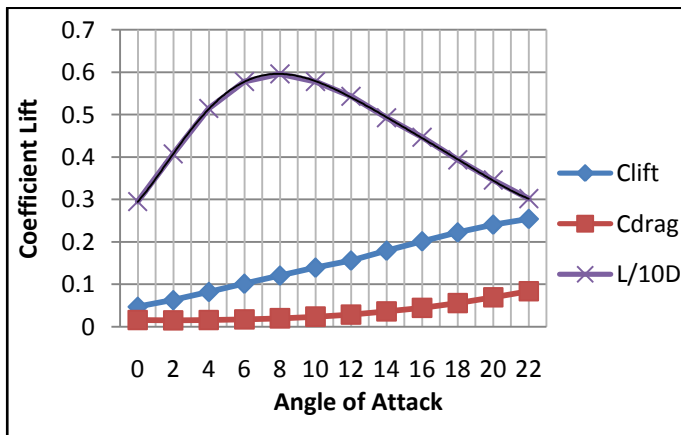
4.10. Penggambaran Variasi 3 (Ka3-65-V305)

Variasi 3 dimodelkan berdasarkan referensi [7] yaitu dengan memberikan sudut serang (*angle of attack*) terhadap setiap *foil* pada masing-masing r/R . Sudut serang divariasikan mulai 0^0 - 22^0 dalam kelipatan sudut genap. Data yang dihasilkan oleh simulasi setiap *foil* dengan nilai J sebesar 0.8, kemudian digunakan untuk mendapatkan koefisien gaya angkat (*lift*) dan koefisien gaya gesek (*drag*) serta *lift-drag ratio*. Perhitungan tersebut menggunakan persamaan (9) dan (10).

Berikut adalah Tabel 4.8 menunjukkan hasil perhitungan dari data simulasi pada r/R 0.6 dengan kecepatan aliran fluida sebesar 8.08 m/s pada sudut serang yang telah ditentukan.

Tabel 4.8 Perhitungan sudut serang pada 0.6 r/R

Angle of Attack	F_{lift}	C_{lift}	F_{drag}	C_{drag}	10 D	L/10D
0	394.5	0.0475	133.7	0.0161	0.1611	0.2949
2	523.1	0.0630	128.4	0.0155	0.1547	0.4074
4	683.6	0.0824	132.8	0.0161	0.16	0.5146
6	844.9	0.1017	146.2	0.0176	0.1761	0.5779
8	1002.9	0.1208	168.2	0.0203	0.2027	0.5961
10	1158.3	0.1395	200.4	0.0242	0.2414	0.5779
12	1296.6	0.1562	238.6	0.0287	0.2873	0.5435
14	1489.9	0.1795	302.5	0.0364	0.3643	0.4926
16	1672.7	0.2015	374.4	0.0451	0.4511	0.4467
18	1846.1	0.2224	469.1	0.0565	0.5651	0.3935
20	1998.5	0.2407	577.9	0.0696	0.6962	0.3458
22	2110.4	0.2543	698.6	0.0842	0.8416	0.3021

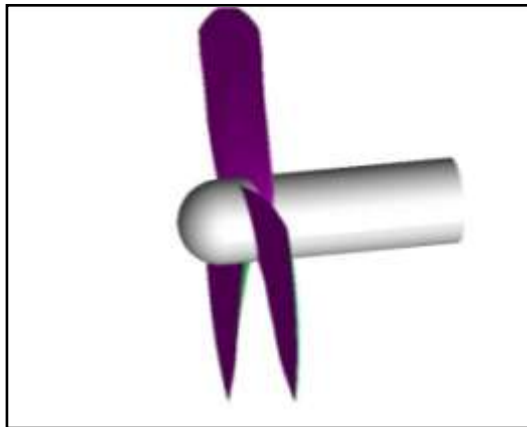
Gambar 4.15 Grafik hasil simulasi *foil* pada 0.6r/R

Dari simulasi dan perhitungan akan didapatkan nilai sudut serang (*angle of attack*) terbaik pada setiap r/R . Nilai tersebut digunakan sebagai nilai sudut *pitch* pada setiap r/R untuk variasi 3 (Ka3-65-V305) yang terlihat pada Tabel 4.9 berikut ini : (data dan grafik simulasi pada r/R selain 0.6 terdapat pada lampiran)

Tabel 4.9 Sudut *pitch* dari variasi 3

r/R	θ
	Deg
0.2	12
0.3	12
0.4	10
0.5	8.67
0.6	7.33
0.7	6
0.8	5.5
0.9	5

Berikut adalah Gambar 4.16 *propeller* variasi 3 atau dengan kode Ka3-65-V305.



Gambar 4.16 *Propeller* Ka3-65-V305

BAB V

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

5.1. Rekapitulasi Model Simulasi

Dalam pengerjaan tugas ini telah dilakukan simulasi terhadap seluruh model baik yang distribusi *pitch* normal dan variasi. Sebelum dilakukan analisa data, perlu dilakukan rekapitulasi dari model yang telah dilakukan simulasi. Sesuai dengan batasan masalah yang telah ditentukan, setiap model dilakukan 7 kali simulasi. Jumlah tersebut berdasarkan nilai *J (advance coefficient)* antara 0.3 sampai 0.9.

Berikut adalah tabel dari model yang telah dilakukan simulasi :

Tabel 5.1. Rekapitulasi Model Simulasi Normal

No	Kode Model	<i>Advance Coefficient (J)</i>						
		0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
1	Ka3-35-N05	V	V	V	V	V	V	V
2	Ka3-35-N07	V	V	V	V	V	V	V
3	Ka3-35-N09	V	V	V	V	V	V	V
4	Ka3-50-N05	V	V	V	V	V	V	V
5	Ka3-50-N07	V	V	V	V	V	V	V
6	Ka3-50-N09	V	V	V	V	V	V	V
7	Ka3-65-N05	V	V	V	V	V	V	V
8	Ka3-65-N07	V	V	V	V	V	V	V
9	Ka3-65-N09	V	V	V	V	V	V	V
10	Ka4-40-N05	V	V	V	V	V	V	V
11	Ka4-40-N07	V	V	V	V	V	V	V
12	Ka4-40-N09	V	V	V	V	V	V	V
13	Ka4-55-N05	V	V	V	V	V	V	V

Tabel 5.1. Rekapitulasi Model Simulasi Normal (lanjutan)

No	Kode Model	<i>Advance Coefficient (J)</i>						
		0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
14	Ka4-55-N07	V	V	V	V	V	V	V
15	Ka4-55-N09	V	V	V	V	V	V	V
16	Ka4-70-N05	V	V	V	V	V	V	V
17	Ka4-70-N07	V	V	V	V	V	V	V
18	Ka4-70-N09	V	V	V	V	V	V	V

Selanjutnya adalah model simulasi dengan variasi distribusi *pitch* yaitu variasi 1 ; variasi 2 dan variasi 3.

Tabel 5.2. Rekapitulasi Model Simulasi Variasi

No	Kode Model	<i>Advance Coefficient (J)</i>						
		0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
1	Ka3-65-V105	V	V	V	V	V	V	V
2	Ka3-65-V205	V	V	V	V	V	V	V
3	Ka3-65-V305	V	V	V	V	V	V	V

5.2. Pengambilan Data

Dari seluruh model yang telah disimulasikan, maka dilakukan pengambilan data yang diperlukan untuk melakukan analisa pada tugas akhir ini. Berikut adalah tabel data hasil simulasi, penulis hanya mengambil 1 model simulasi untuk ditampilkan datanya sebagai contoh perhitungan. Data model simulasi yang lain akan ditampilkan pada lampiran tugas akhir ini.

- a. Kode Model : Ka3-35-N05
- b. *Face Area* : 1.0773 m²
- c. *Back Area* : 1.1101 m²
- d. Diameter : 2.00 m

Tabel 5.3. Data Keluaran Hasil Simulasi Model Ka3-35-N05

No.	J	RPS	Torque (N.m)		Pressure (Pa)		Wall Shear (Pa)	
			Face	Back	Face	Back	Face	Back
1	0.3	5	14777.5	6453.48	95913.8	67155.2	600.043	697.949
	0.4	3.75	13223.1	11734	89928.6	94723.2	338.812	421.099
	0.5	3	12277.3	14202.5	85661.7	106538	197.627	274.717
	0.6	2.5	11736.3	15446.2	82810.1	111744	137.955	193.78
	0.7	2.1429	11365.9	16119.4	80650.2	114271	126.899	146.051
	0.8	1.875	11161.1	16474.8	79234.6	115380	126.209	116.617
	0.9	1.6667	11114.8	16636.3	78490.4	115644	120.634	97.2406

5.3. Pengolahan Data

Berdasarkan tujuan yang telah ditentukan dalam pengerjaan tugas akhir ini, yakni kinerja dari *Ka-propeller*, berikut adalah perhitungan untuk mendapatkannya berdasarkan data hasil simulasi model yang telah dibuat.

1. Menentukan Nilai *Force Lift*

Berdasarkan persamaan (8) sebagai berikut :

$$F = P \times A$$

$$\begin{aligned} \text{Dimana,} \quad F &= \text{Force Lift} \quad (\text{N}) \\ P &= \text{Pressure} \quad (\text{N/m}^2) \\ A &= \text{Area} \quad (\text{m}^2) \end{aligned}$$

Untuk *pressure* dan *area* nilainya diambil dari hasil simulasi model pada *CFX-post* menggunakan *function calculator*. Data tersebut seperti tertulis pada Tabel 5.3, adapun perhitungan mendapatkan nilai *force lift* adalah sebagai berikut:

▪ Pada sisi *face*

$$\begin{aligned} F_{\text{face}} &= P_{\text{face}} \times A \\ &= 95913.8 \times 1.0773 \\ &= 103327.9 \text{ N} \end{aligned}$$

▪ Pada sisi *back*

$$\begin{aligned} F_{\text{back}} &= P_{\text{back}} \times A \\ &= 67155.2 \times 1.1101 \\ &= 74547.64 \text{ N} \end{aligned}$$

Maka didapatkan resultan *force lift* sebagai berikut :

$$\begin{aligned} F_{\text{lift}} &= F_{\text{face}} + F_{\text{back}} \\ &= 103327.9 + 74547.64 \\ &= 177876 \text{ N} \end{aligned}$$

2. Menentukan Nilai *Force Drag*

Berdasarkan persamaan (7) sebagai berikut :

$$F = \tau \times A$$

$$\begin{aligned} \text{Dimana,} \quad F &= \text{Force Drag} \quad (\text{N}) \\ \tau &= \text{Wall Shear} \quad (\text{N/m}^2) \\ A &= \text{Area} \quad (\text{m}^2) \end{aligned}$$

Untuk *wall shear* dan *area* nilainya diambil dari hasil simulasi model pada *CFX-post* menggunakan *function calculator*. Data tersebut seperti tertulis pada Tabel 5.3, adapun perhitungan mendapatkan nilai *force drag* adalah sebagai berikut:

- Pada sisi *face*

$$\begin{aligned} F_{\text{face}} &= \tau_{\text{face}} \times A \\ &= 600.043 \times 1.0773 \\ &= 646.4263 \text{ N} \end{aligned}$$

- Pada sisi *back*

$$\begin{aligned} F_{\text{back}} &= \tau_{\text{back}} \times A \\ &= 697.949 \times 1.1101 \\ &= 774.7792 \text{ N} \end{aligned}$$

Maka didapatkan resultan *force lift* sebagai berikut :

$$\begin{aligned} F_{\text{drag}} &= F_{\text{face}} + F_{\text{back}} \\ &= 646.4263 + 774.7792 \\ &= 1421.206 \text{ N} \end{aligned}$$

3. Menentukan Nilai *Thrust* (gaya dorong)

Pada contoh perhitungan ini menggunakan Ka3-35-N05, sehingga nilai P/D adalah 0.5. Maka berdasarkan persamaan (1), didapatkan sudut *pitch* sebesar :

$$\begin{aligned} \theta &= \tan^{-1} \frac{P}{2\pi r} \\ \theta &= \tan^{-1} \frac{P/D}{0.7 \pi} \quad (\theta \text{ dihitung pada } 0.7 \text{ r/R}) \\ \theta &= \tan^{-1} \frac{0.5}{0.7 \pi} \\ \theta &= 12.809^\circ \end{aligned}$$

Sehingga : $\sin \theta = 0.2217$ dan $\cos \theta = 0.97511$.

Berikut adalah perhitungan mencari nilai *thrust* (T) :

$$\begin{aligned} T &= F_{\text{lift}} \sin \theta - F_{\text{drag}} \cos \theta \\ &= 177876 \times 0.2217 - 1421.206 \times 0.97511 \\ &= 39435.11 - 1385.832 \\ &= 38049.278 \text{ N} \\ &= 38.05 \text{ kN} \end{aligned}$$

4. Menentukan Nilai *Torque*

Untuk *Torque* nilainya diambil dari hasil simulasi model pada *CFX-post* menggunakan *function calculator*. Data tersebut seperti tertulis pada Tabel 5.3, tertulis nilai *torque* pada *face* dan *back*, sehingga perhitungannya adalah mendapatkan resultan keduanya:

$$\begin{aligned} Q_{\text{resultan}} &= Q_{\text{face}} - Q_{\text{back}} \\ &= 14777.5 + 6453.48 \\ &= 21230.98 \text{ Nm} \\ &= 21.231 \text{ kNm} \end{aligned}$$

5. Menentukan Nilai *Efficiency*

Langkah terakhir dalam perhitungan ini adalah menentukan efisiensi dari Ka3-65-N05 yang telah disimulasikan. Berdasarkan persamaan (5) pada Bab II, maka didapatkan perhitungan sebagai berikut :

$$\eta = \frac{TV_a}{2\pi nQ}$$

Dimana,

$$\begin{aligned} \eta &= \text{efficiency} \\ T &= \text{propeller thrust} \quad (\text{kN}) \\ V_a &= \text{advance speed} \quad (\text{m/s}) \\ n &= \text{putaran propeller} \quad (\text{rps}) \\ Q &= \text{propeller torque} \quad (\text{kNm}) \end{aligned}$$

Nilai n (rps) didapatkan dari persamaan (4), sehingga didapatkan :

$$J = \frac{V_a}{nD}$$

$$n = \frac{V_a}{JD}; \text{ dengan nilai } V_a = 3 \text{ m/s}, J = 0.3 \text{ dan diameter}$$

propeller = 2 m, maka :

$$n = \frac{3}{0.3 \times 2} = 5 \text{ rps}$$

Perhitungan nilai n (rps) berlanjut sampai nilai $J = 0.9$ sesuai batasan masalah yang sudah ditetapkan.

Sehingga nilai efisiensi dari model simulasi Ka3-35-N05 bisa ditentukan sebagai berikut :

$$\eta = \frac{TV_a}{2\pi nQ}$$

$$\eta = \frac{38.05 \times 3}{2\pi \times 5 \times 21.23}$$

$$\eta = 0.17$$

6. Berikut adalah Tabel 5.4. yang menunjukkan hasil perhitungan *thrust*, *torque* dan efisiensi dari model simulasi Ka3-35-N05

Tabel 5.4. Hasil Perhitungan Data Model Simulasi Ka3-35-N05

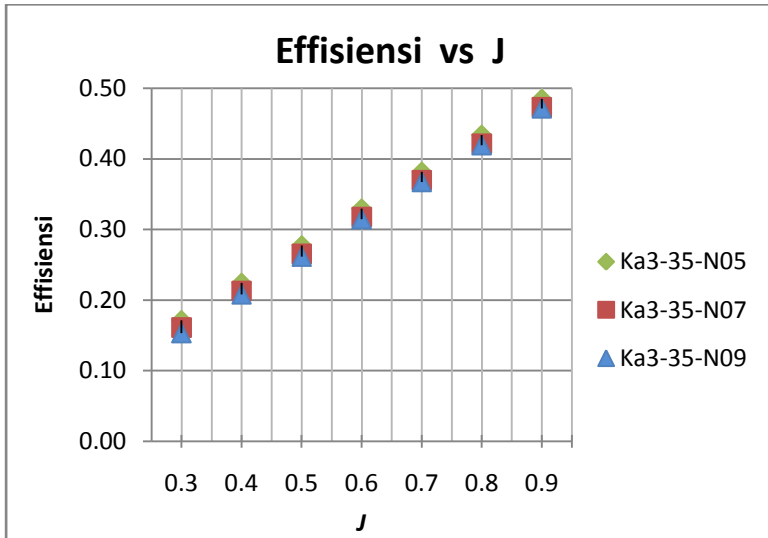
J	RPS	Thurst (kN)	Σ Torque (kN.m)	Effisiensi
0.3	5	38.050233	21.23098	0.171143
0.4	3.75	43.9796	24.957	0.224372
0.5	3	46.174998	26.4798	0.277532
0.6	2.5	46.925462	27.1825	0.329701
0.7	2.143	47.094785	27.4853	0.381786
0.8	1.875	47.062201	27.6359	0.433649
0.9	1.667	46.976258	27.7511	0.484942

Semua model simulasi dilakukan perhitungan dengan metode dan perumusan yang sama sehingga menghasilkan output seperti Tabel 5.4. Selanjutnya, perhitungan yang sama juga diterapkan pada data hasil model simulasi yang divariasikan *pitch* distribusinya.

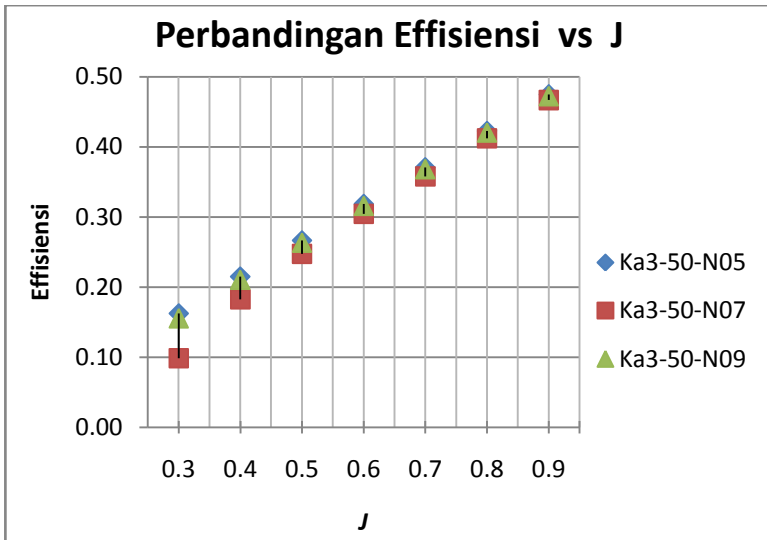
5.4. Pembahasan

5.4.1. Efisiensi Pada Distribusi Normal

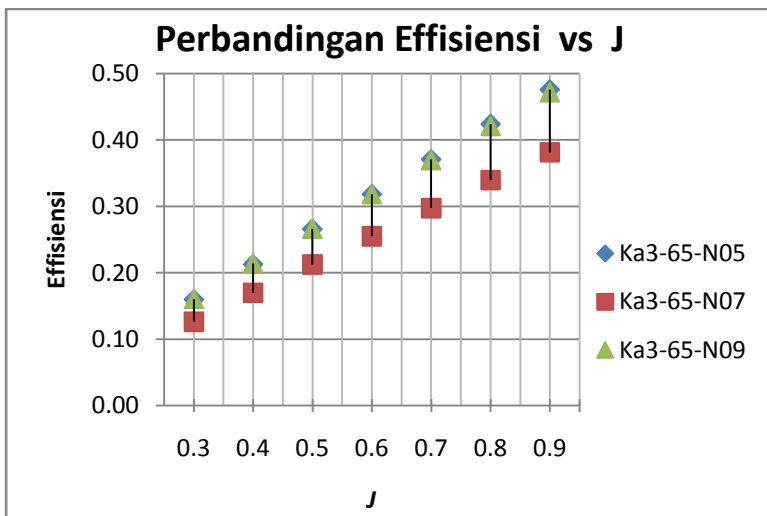
Dari 18 model simulasi normal, dengan jumlah daun dan A_e/A_o sama, efisiensi terbaik terletak pada model simulasi dengan nilai P/D 0.5. Berikut adalah grafik dari 18 model simulasi tersebut :



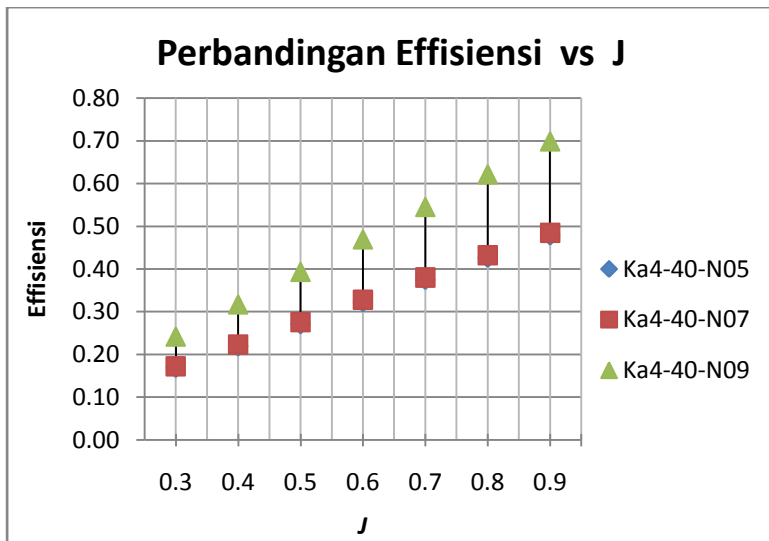
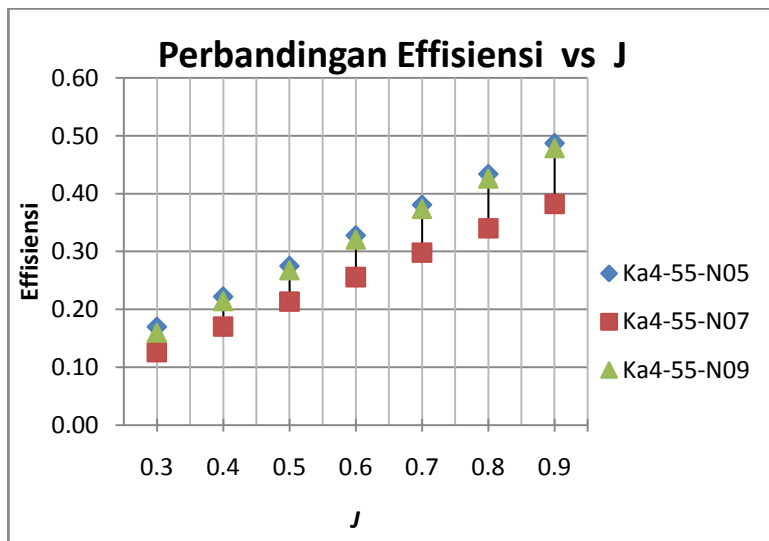
Gambar 5.1. Grafik efisiensi terhadap nilai J pada Ka3-35

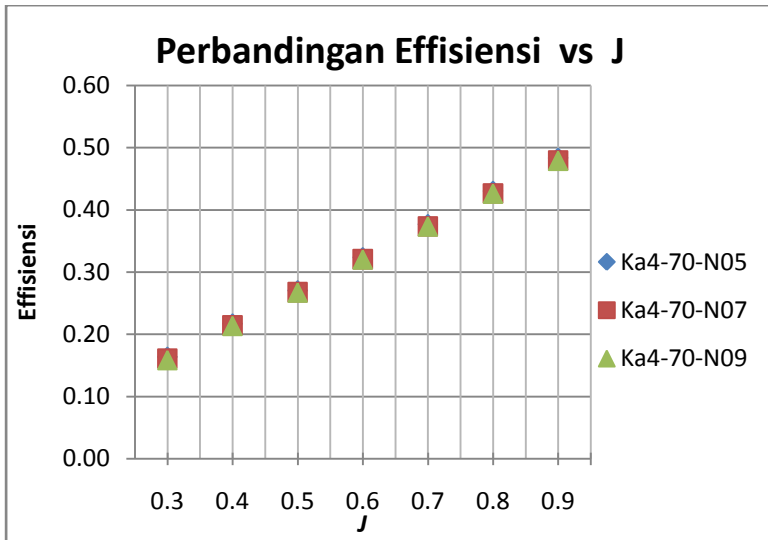


Gambar 5.2. Grafik efisiensi terhadap nilai J pada Ka3-50



Gambar 5.3. Grafik efisiensi terhadap nilai J pada Ka3-65

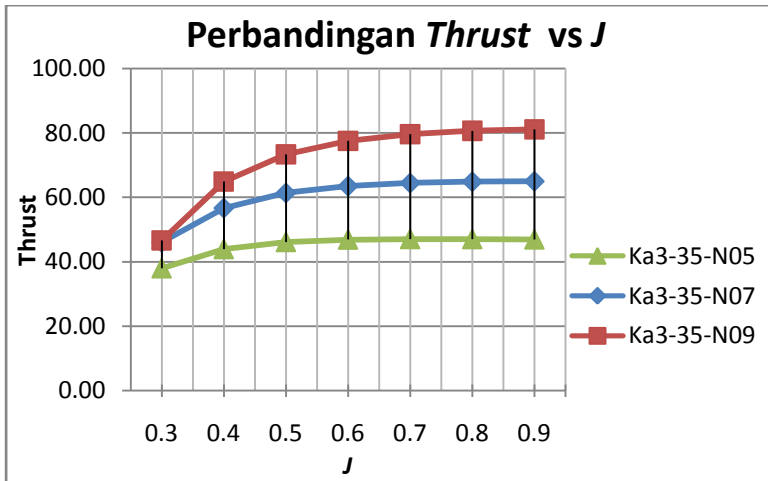
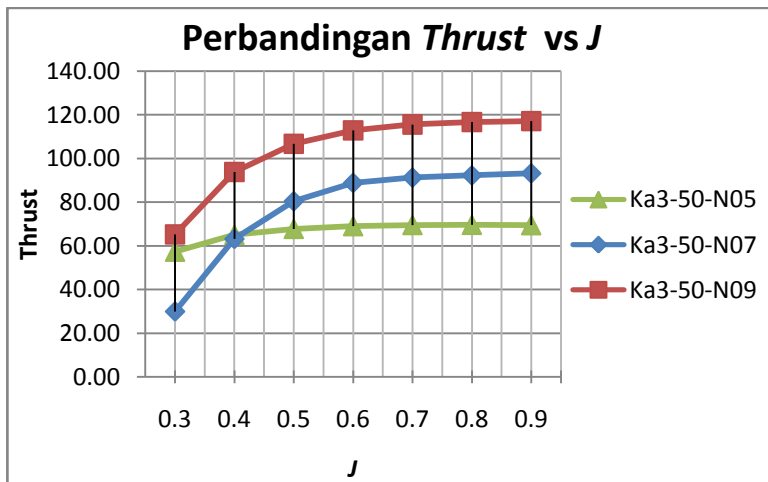
Gambar 5.4. Grafik efisiensi terhadap nilai J pada Ka4-40Gambar 5.5. Grafik efisiensi terhadap nilai J pada Ka4-55

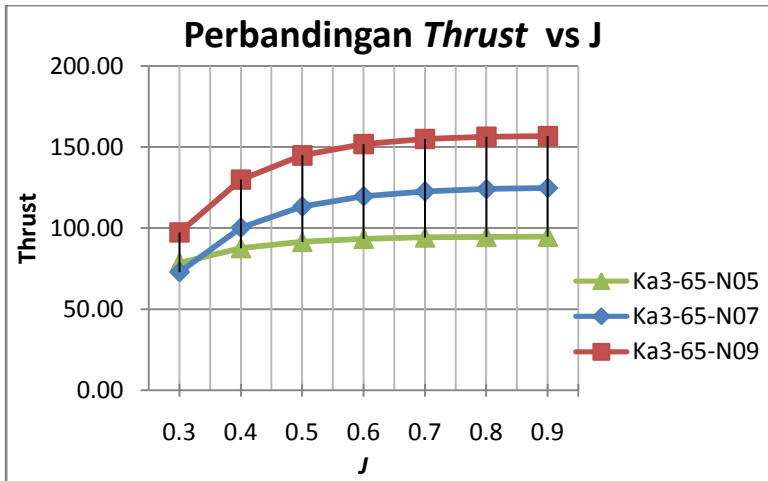


Gambar 5.6. Grafik efisiensi terhadap nilai J pada Ka4-70

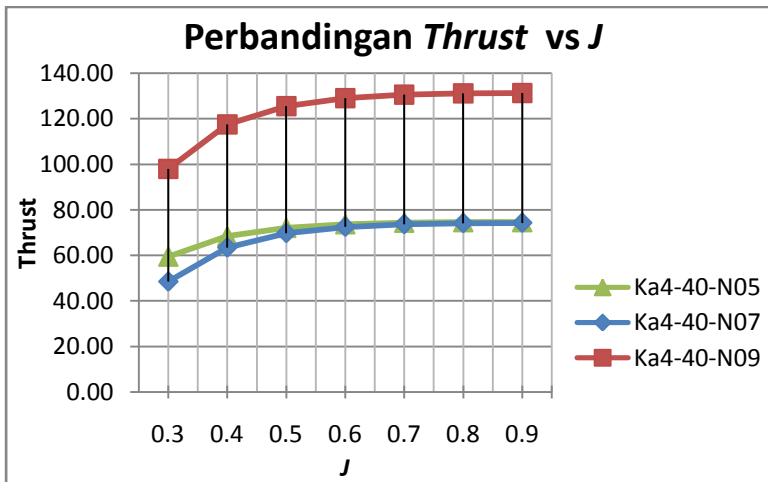
5.4.2. *Thrust* Pada Distribusi Normal

Pada performa *thrust* dari semua model dengan distribusi normal, didapatkan besar *thrust* tertinggi pada model dengan nilai A_e/A_0 sama adalah pada P/D 0.9.

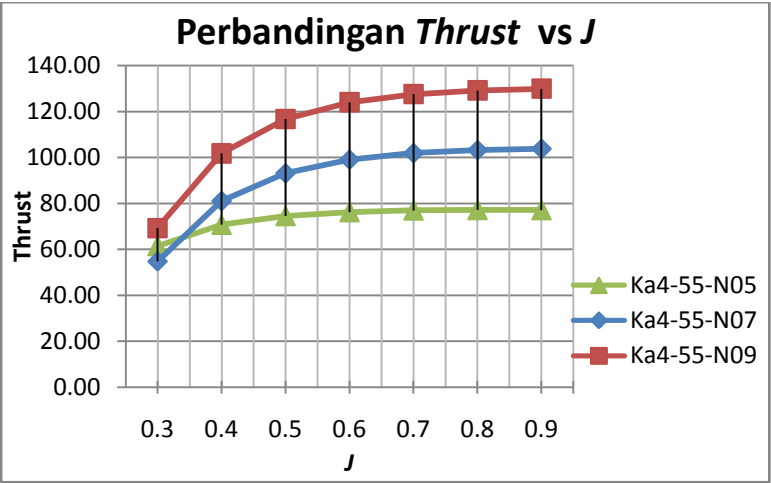
Gambar 5.7 Grafik *thrust* terhadap nilai J pada Ka3-35Gambar 5.8 Grafik *thrust* terhadap nilai J pada Ka3-50



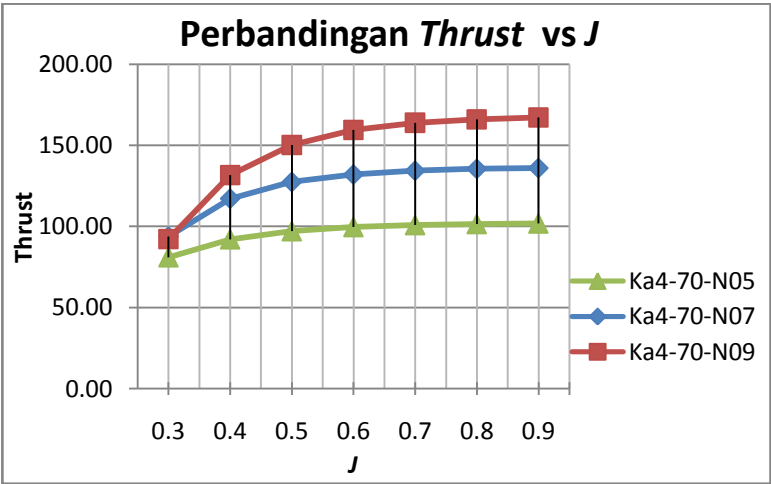
Gambar 5.9 Grafik *thrust* terhadap nilai *J* pada Ka3-65



Gambar 5.10 Grafik *thrust* terhadap nilai *J* pada Ka4-40



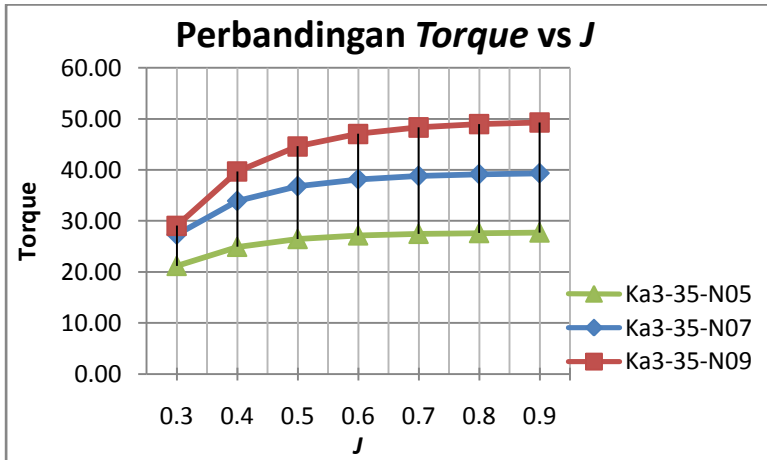
Gambar 5.11 Grafik *thrust* terhadap nilai J pada Ka4-55



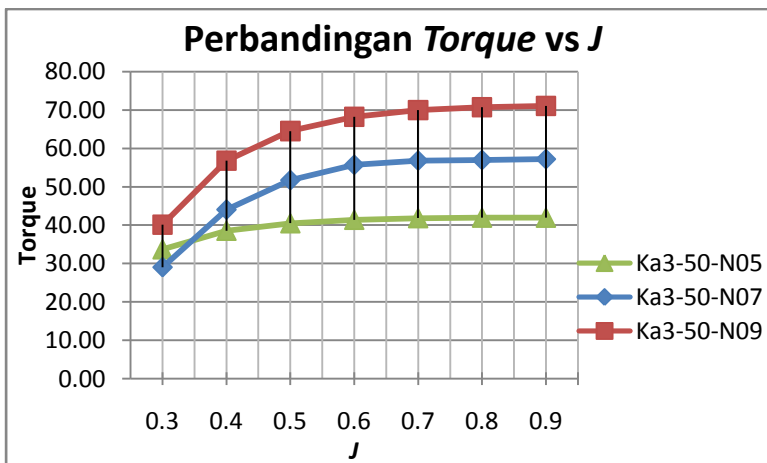
Gambar 5.12 Grafik *thrust* terhadap nilai J pada Ka4-70

5.4.3. *Torque* Pada Distribusi Normal

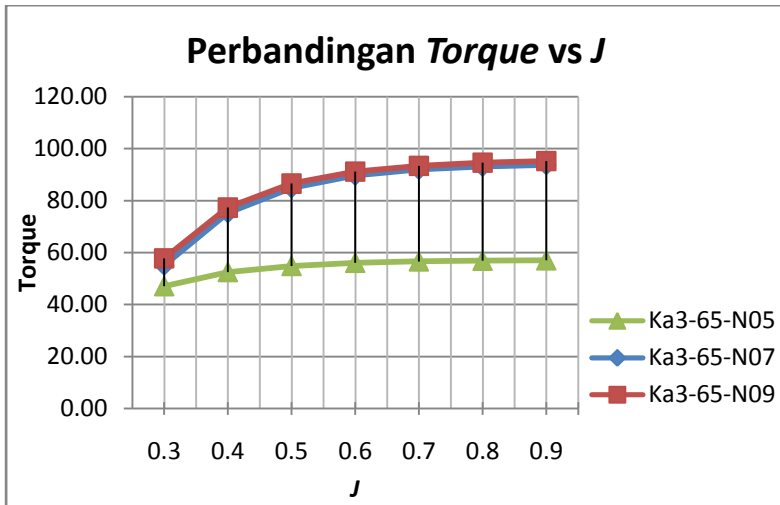
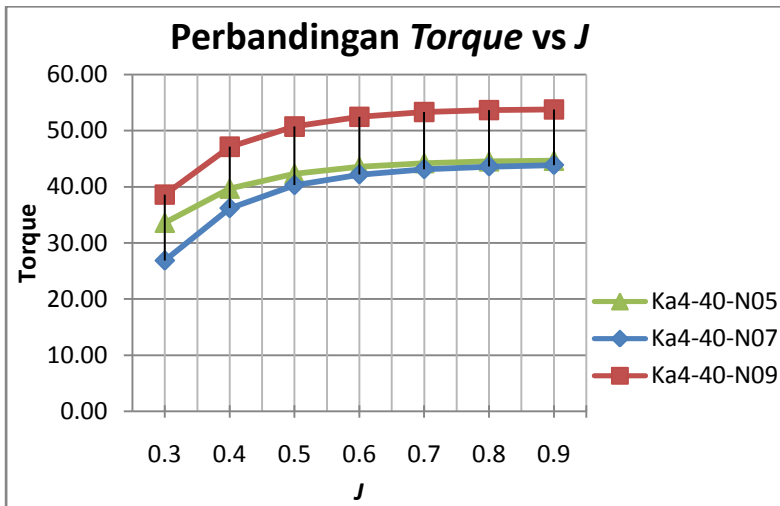
Pada performa *torque* dari semua model dengan distribusi normal, didapatkan besar *torque* tertinggi pada model dengan nilai A_e/A_0 sama adalah pada P/D 0.9.

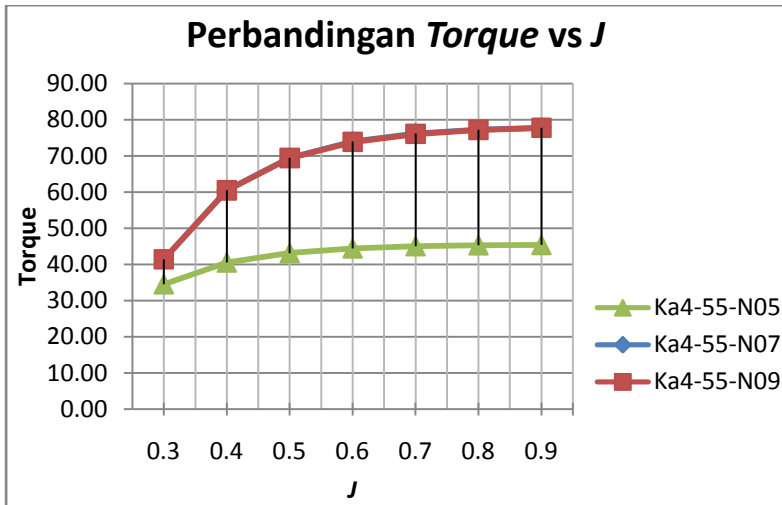


Gambar 5.13 Grafik *torque* terhadap nilai J pada Ka3-35

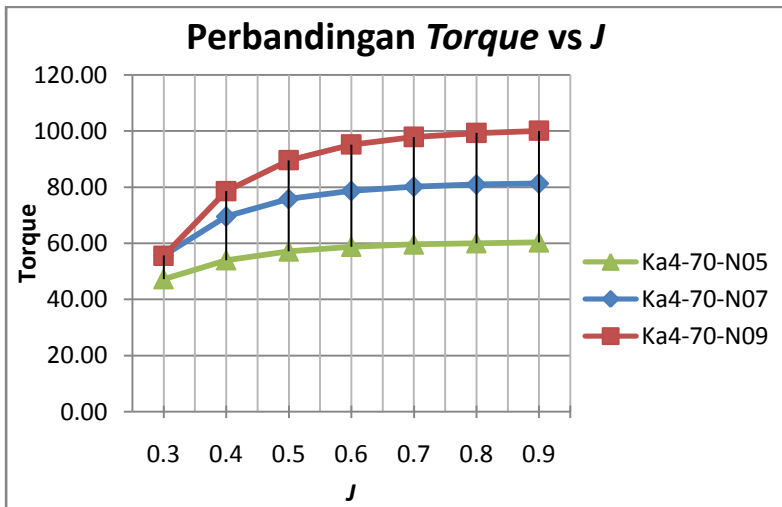


Gambar 5.14 Grafik *torque* terhadap nilai J pada Ka3-50

Gambar 5.15 Grafik *torque* terhadap nilai *J* pada Ka3-65Gambar 5.16 Grafik *torque* terhadap nilai *J* pada Ka4-40



Gambar 5.17 Grafik *torque* terhadap nilai J pada Ka4-55



Gambar 5.18 Grafik *torque* terhadap nilai J pada Ka4-70

5.4.4. Distribusi Normal Vs Variasi Distribusi *Pitch*

Dalam pengerjaan tugas akhir ini, dilakukan simulasi model dengan distribusi normal dan kemudian dibandingkan dengan 3 jenis variasi. *Propeller* yang akan digunakan adalah dengan kode Ka3-65-N05. Sehingga untuk 3 jenis variasi mempunyai kode Ka3-65-V105 ; Ka3-65-V205 dan Ka3-65-V305. Dari keempat model ini, akan didapatkan data yang akan digunakan dalam mencari nilai *thrust*, *torque* dan *efficiency*.

❖ Data Ka3-65-N05 terlihat pada Tabel 5.5 berikut ini :

Tabel 5.5. Data Keluaran Hasil Simulasi Model Ka3-65-N05

J	Torque (N.m)		Pressure (Pa)		Wall Shear (Pa)	
	Face	Back	Face	Back	Face	Back
0.3	27543.1	19511	96989.7	81520.9	539.55	625.85
0.4	26244.2	26262.7	93952.9	102262	316.13	381.94
0.5	25293.4	29565.1	91573.3	111831	195.54	258.55
0.6	24563.8	31504.4	89636.3	117272	132.20	189.59
0.7	23858.7	32750.5	87548.3	120815	105.89	148.09
0.8	23241.2	33640.2	85607.4	123372	100.72	121.47
0.9	22802	34224.9	84091.8	125022	103.57	103.57

Dengan menggunakan perhitungan yang identik dengan contoh perhitungan pada awal Bab ini, maka akan didapatkan nilai pada Tabel 5.6. berikut ini :

Tabel 5.6. Hasil Perhitungan Data Model Simulasi Ka3-65-N05

J	Thurst (kN)	Σ Torque (kN.m)	Effisiensi
0.3	78.625445	47.0541	0.159565
0.4	87.711592	52.5069	0.212692
0.5	91.520596	54.8585	0.265519
0.6	93.411496	56.0682	0.318189
0.7	94.235214	56.6092	0.370915
0.8	94.600801	56.8814	0.423511
0.9	94.707813	57.0269	0.475771

❖ Selanjutnya adalah data variasi 1 dengan kode model Ka3-65-V105 seperti terlihat pada Tabel 5.7 berikut ini :

Tabel 5.7. Data Keluaran Hasil Simulasi Model Ka3-65-V105

J	Torque (N.m)		Pressure (Pa)		Wall Shear (Pa)	
	Face	Back	Face	Back	Face	Back
0.3	30479	20612.0	97884.1	76482	552.38	642.73
0.4	28919.8	28071.9	94444.1	98726	321.47	390.28
0.5	27874.9	31626.7	92016.5	108615	192.71	263.74
0.6	27066.7	33762.0	89936.8	114394	120.75	194.42
0.7	26298.2	35172.5	87733.8	118272	97.05	152.82
0.8	25654.3	36152.6	85772.6	120975	95.32	125.82
0.9	25190.8	36779.6	84253.9	122655	96.28	107.67

Dengan menggunakan perhitungan yang identik dengan contoh perhitungan pada awal Bab ini, maka akan didapatkan nilai seperti terlihat pada Tabel 5.8 berikut ini :

Tabel 5.8. Hasil Perhitungan Data Model Simulasi Ka3-65-V105

J	Thurst (kN)	Σ Torque (kN.m)	Effisiensi
0.3	76.655647	51.091	0.143275
0.4	86.282238	56.9917	0.192761
0.5	90.239204	59.5016	0.241372
0.6	92.238859	60.8287	0.289605
0.7	93.159685	61.4707	0.337682
0.8	93.577103	61.8069	0.385543
0.9	93.700724	61.9704	0.433162

❖ Berikutnya adalah data hasil simulasi model variasi ke-2 dengan kode model Ka3-65-V205 seperti terlihat pada Tabel 5.9 berikut ini :

Tabel 5.9. Data Keluaran Hasil Simulasi Model Ka3-65-V205

J	Torque (N.m)		Pressure (Pa)		Wall Shear (Pa)	
	Face	Back	Face	Back	Face	Back
0.3	27242.9	19374.00	95883.6	80775	552.32	645.52
0.4	25963.4	26115.30	92970.1	101765	317.14	392.53
0.5	25050.6	29432.70	90787	111453	193.84	266.14
0.6	24292.4	31444.30	88789.9	117229	133.87	196.09
0.7	23540.1	32797.60	86568.2	121197	115.91	153.79
0.8	22944.6	33756.60	84661.2	124030	113.91	126.42
0.9	22539.6	34370.10	83198.3	125782	115.94	107.98

Dengan menggunakan perhitungan yang identik dengan contoh perhitungan pada awal Bab ini, maka akan didapatkan nilai seperti terlihat pada Tabel 5.10. berikut ini :

Tabel 5.10. Hasil Perhitungan Data Model Simulasi Ka3-65-V205

J	Thurst (kN)	Σ Torque (kN.m)	Effisiensi
0.3	77.673638	46.6169	0.159112
0.4	86.965312	52.0787	0.212616
0.5	90.926136	54.4833	0.265611
0.6	92.938033	55.7367	0.318459
0.7	93.881239	56.3377	0.371303
0.8	94.383648	56.7012	0.423882
0.9	94.563678	56.9097	0.476025

❖ Data terakhir hasil simulasi model variasi ke-3 dengan kode model Ka3-65-V305 seperti terlihat pada Tabel 5.11 berikut ini :

Tabel 5.11. Data Keluaran Hasil Simulasi Model Ka3-65-V305

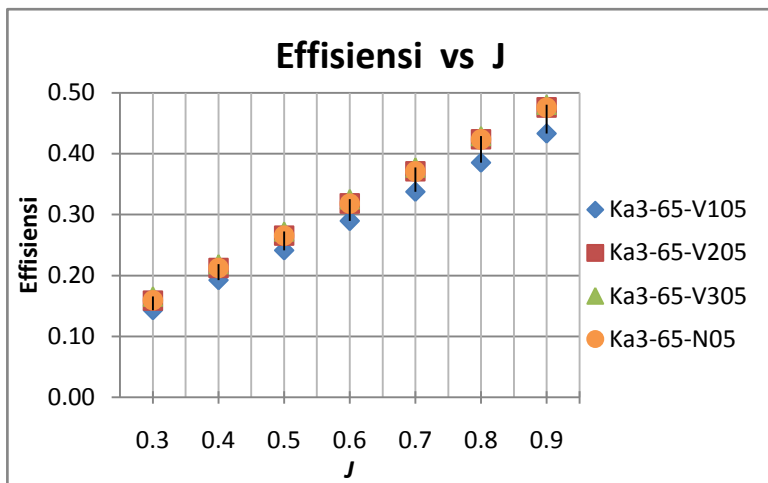
J	Torque (N.m)		Pressure (Pa)		Wall Shear (Pa)	
	Face	Back	Face	Back	Face	Back
0.3	11496.2	13025.1	85662.6	122417	450.715	611.446
0.4	11008.3	15294.8	84391.6	132145	257.227	373.517
0.5	10572.4	16464.8	82324.4	137244	202.341	258.89
0.6	10312.2	17088.1	80979.5	139665	191.689	194.307
0.7	10196.8	17424.4	80342	140431	186.18	153.971
0.8	10146.2	17648	79984.2	140743	184.619	127.147
0.9	10131	17822	79746.9	141003	184.663	108.408

Dengan menggunakan perhitungan yang identik dengan contoh perhitungan pada awal Bab ini, maka akan didapatkan nilai seperti terlihat pada Tabel 5.12 berikut ini :

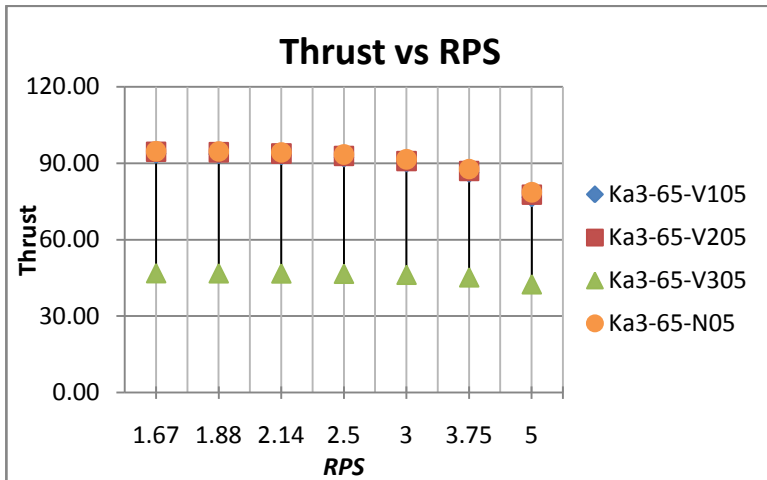
Tabel 5.12 Hasil Perhitungan Data Model Simulasi Ka3-65-V305

J	Thurst (kN)	Σ Torque (kN.m)	Effisiensi
0.3	42.523043	24.5213	0.165597
0.4	45.244541	26.3031	0.219013
0.5	46.259731	27.0372	0.272309
0.6	46.65469	27.4003	0.325193
0.7	46.780136	27.6212	0.377370
0.8	46.83052	27.7942	0.429057
0.9	46.875229	27.953	0.480404

Dari hasil tersebut diatas , menunjukkan bahwa variasi ke-3 menghasilkan efisiensi yang paling tinggi yaitu sebesar 0.4804. Berikut adalah Gambar 5.19 menunjukkan grafik efisiensi keempat model simulasi tersebut,

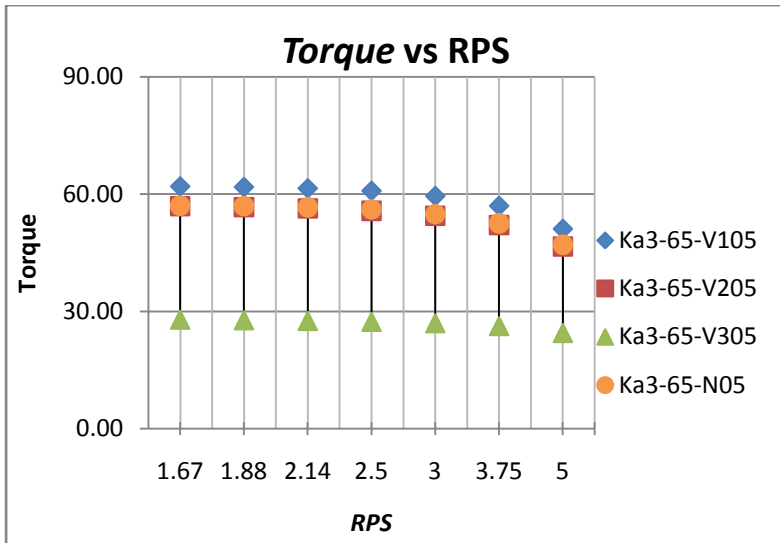
Gambar 5.19 Grafik efisiensi terhadap nilai J pada model Variasi

Berbanding terbalik dengan efisiensi yang terjadi, nilai *thrust* model simulasi dengan efisiensi terbaik menjadi terendah diantara keempat model simulasi tersebut. Gambar 5.20 berikut menggambarkan hasil perhitungan tersebut.



Gambar 5.20 Grafik nilai *thrust* terhadap putaran *propeller* pada model Variasi

Dalam pembahasan sebelumnya dijelaskannya bahwa efisiensi tertinggi ada pada variasi 3 Ka3-65-V305. Sedangkan pada pembahasan nilai *torque*-nya, variasi 3 memiliki nilai *torque* terendah.



Gambar 5.21 Grafik nilai *torque* terhadap putaran *propeller* pada model Variasi

5.4.5. Distribusi Normal Vs Variasi Distribusi *Pitch* dengan Kondisi Putar Balik

Dalam simulasi putar balik ini adalah untuk mengetahui performa *propeller* pada saat *astern run*. Dalam semua performa yang dihasilkan dari hasil simulasi model, didapatkan hasil yang berbanding terbaik dengan kondisi awal.

Tabel 5.13 Hasil Perhitungan Data Model Simulasi *astern run*
Ka3-65-N05

J	RPS	Thurst (kN)	Σ Torque (kN.m)	Effisiensi
0.3	5	125.00	87.55	0.136
0.4	3.75	122.13	84.84	0.183
0.5	3	117.69	80.58	0.232
0.6	2.5	114.78	77.77	0.282
0.7	2.14	113.12	75.56	0.334
0.8	1.88	109.57	72.52	0.385
0.9	1.67	106.41	69.86	0.436

Tabel 5.14 Hasil Perhitungan Data Model Simulasi *astern run*
Ka3-65-V105

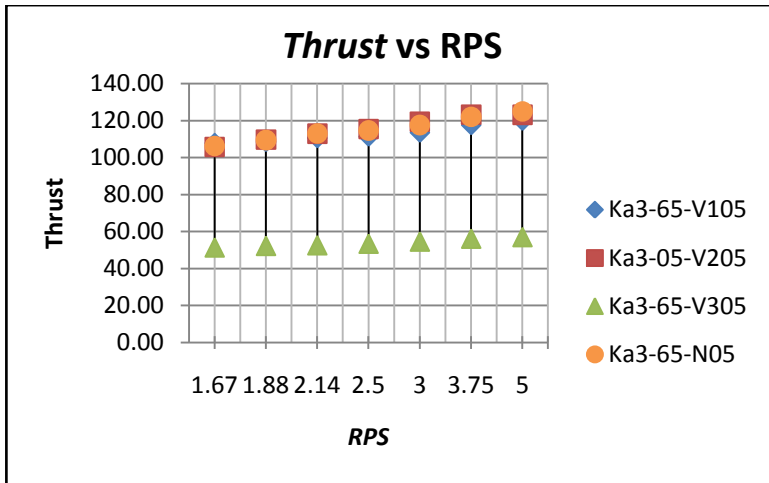
J	RPS	Thurst (kN)	Σ Torque (kN.m)	Effisiensi
0.3	5	120.03	94.79	0.121
0.4	3.75	117.72	91.55	0.164
0.5	3	113.66	86.08	0.210
0.6	2.5	111.48	82.19	0.259
0.7	2.14	110.66	80.35	0.307
0.8	1.88	108.57	78.09	0.354
0.9	1.67	107.98	76.30	0.405

Tabel 5.15 Hasil Perhitungan Data Model Simulasi *astern run*
Ka3-65-V205

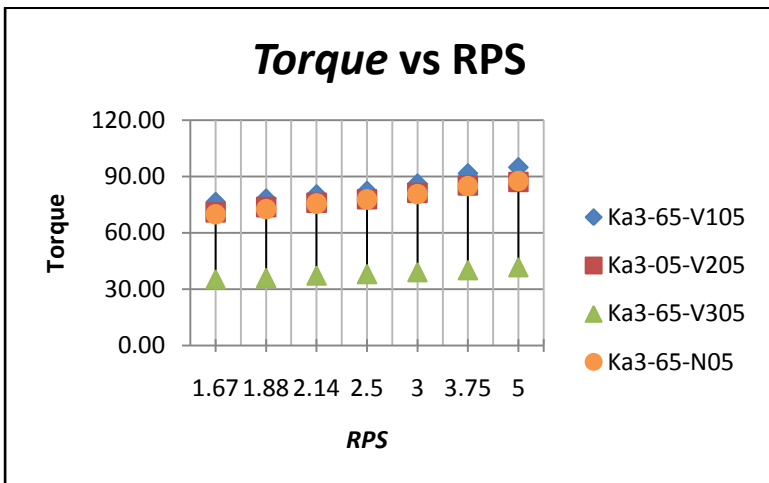
J	RPS	Thurst (kN)	Σ Torque (kN.m)	Effisiensi
0.3	5	123.22	87.02	0.135
0.4	3.75	123.31	85.17	0.184
0.5	3	119.46	81.23	0.234
0.6	2.5	115.45	77.86	0.283
0.7	2.14	112.99	75.98	0.331
0.8	1.88	109.78	73.67	0.379
0.9	1.67	105.80	70.93	0.427

Tabel 5.16 Hasil Perhitungan Data Model Simulasi *astern run*
Ka3-65-V205

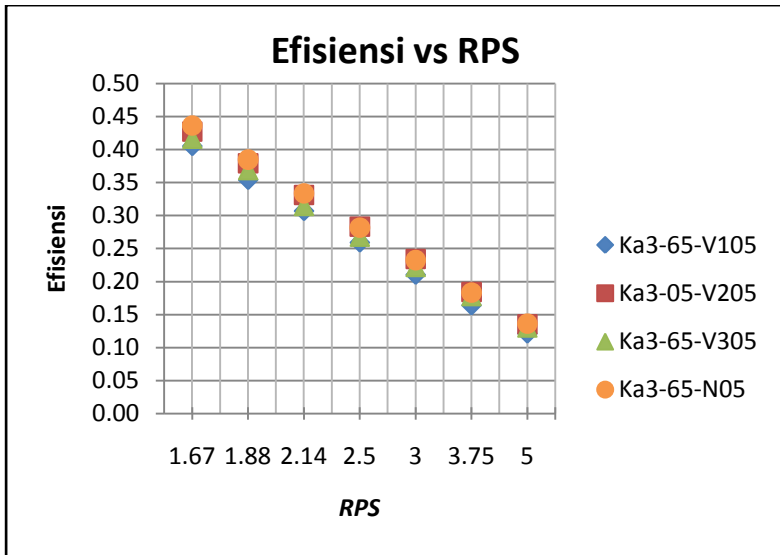
J	RPS	Thurst (kN)	Σ Torque (kN.m)	Effisiensi
0.3	5	57.07	41.79	0.130
0.4	3.75	56.23	40.22	0.178
0.5	3	54.66	39.15	0.222
0.6	2.5	53.53	38.13	0.268
0.7	2.14	52.70	37.36	0.314
0.8	1.88	52.35	36.03	0.370
0.9	1.67	51.51	35.35	0.417



Gambar 5.22 Grafik nilai *thrust* terhadap putaran *propeller* dengan kondisi *astern run*



Gambar 5.23 Grafik nilai *torque* terhadap putaran *propeller* dengan kondisi *astern run*



Gambar 5.24 Grafik nilai efisiensi terhadap putaran *propeller* dengan kondisi *astern run*

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

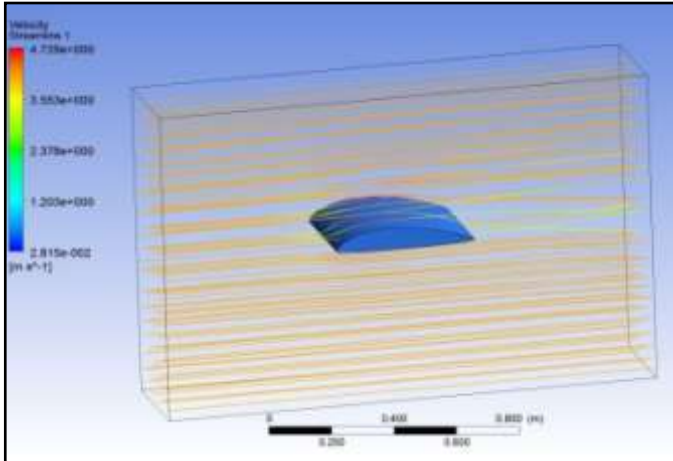
1. Berdasarkan efisiensi yang dihasilkan, model variasi 3 menghasilkan efisiensi paling tinggi dibandingkan variasi 1 dan 2 dengan kenaikan 0.97% terhadap model dengan distribusi normal.
2. Berdasarkan thrust yang dihasilkan, model variasi 2 menghasilkan thrust paling tinggi dibandingkan variasi 1 dan 3 dengan nilai 0.15% lebih rendah dari model dengan distribusi normal.
3. Berdasarkan torque yang dihasilkan, model variasi 1 menghasilkan torque paling tinggi dibandingkan variasi 2 dan 3 dengan nilai 8.6% lebih tinggi dari model dengan distribusi normal.

6.2. Saran

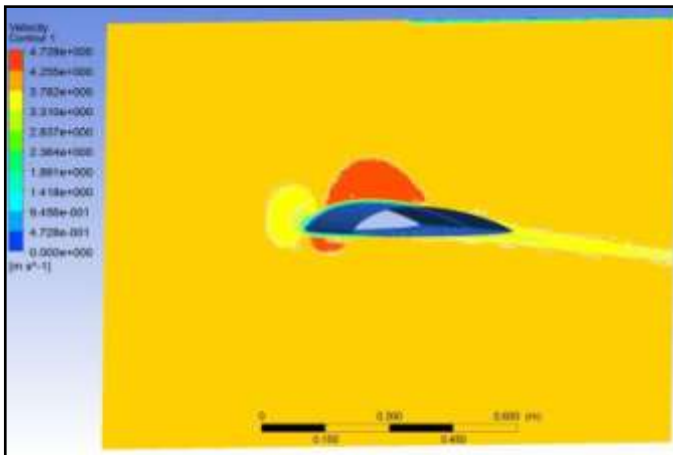
1. Untuk hasil yang lebih baik, diperlukan lebih banyak model yang harus disimulasikan.
2. Dalam proses analisa hasil pengujian, juga diperlukan uji kavitasi.
3. Memperbanyak referensi untuk penentuan variasi yang akan digunakan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

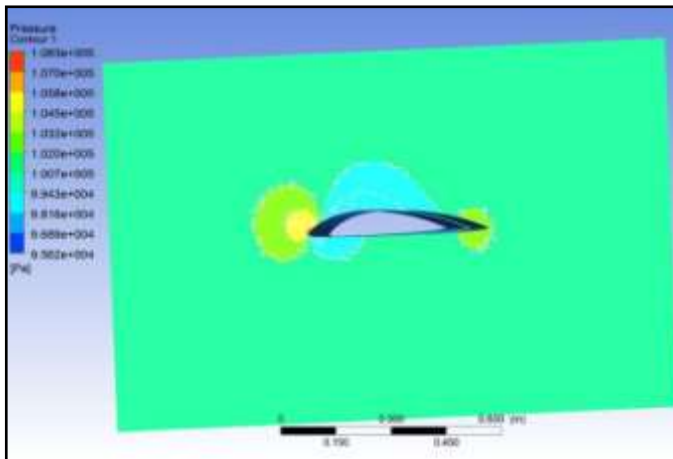
LAMPIRAN



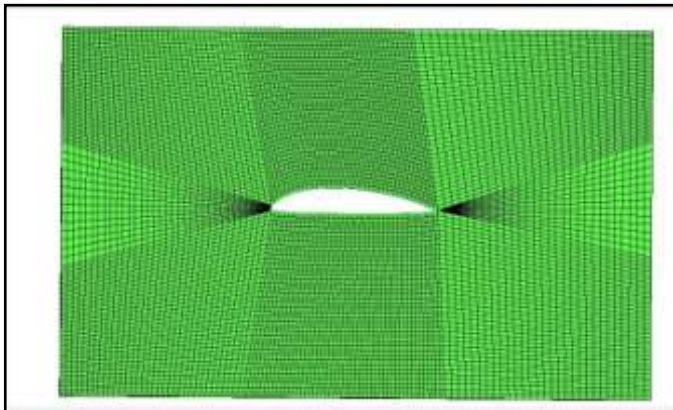
Gambar 1 Aliran Fluida pada foil $0.3r/R$ pada sudut serang 0°



Gambar 2 Kontur kecepatan pada foil $0.3r/R$ pada sudut 0°



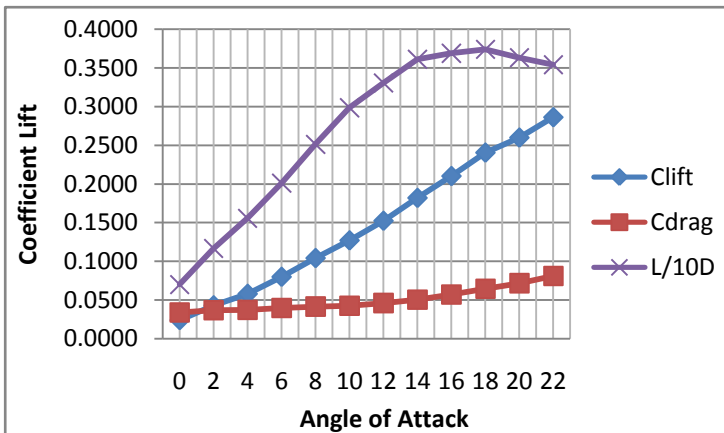
Gambar 3 Kontur tekanan pada *foil* $0.3r/R$ pada sudut 0°



Gambar 4 Hasil *structured meshing*

Tabel 1 Hasil simulasi *foil* pada 0.2 r/R

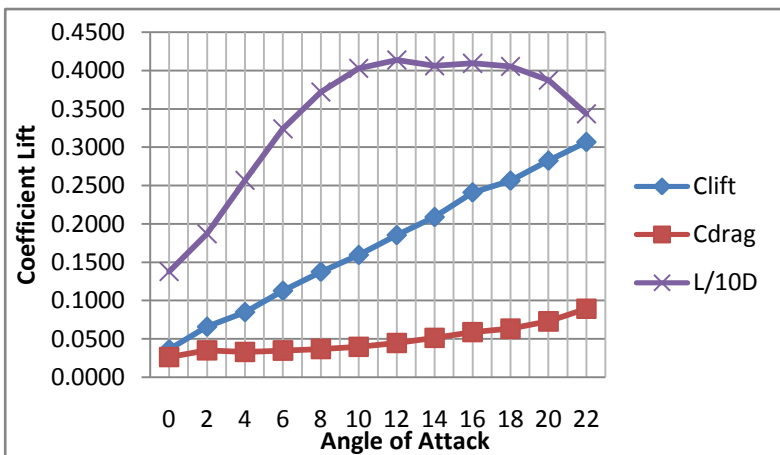
Angle of Attack	F_{lift}	C_{lift}	F_{drag}	C_{drag}	10 D	L/10D
0	13.7	0.0237	19.5600	0.0339	0.3389	0.0700
2	24.7	0.0428	21.1780	0.0367	0.3670	0.1166
4	33.3	0.0577	21.3800	0.0370	0.3705	0.1558
6	46.0	0.0797	22.8800	0.0396	0.3965	0.2010
8	60.0	0.1040	23.8800	0.0414	0.4138	0.2513
10	73.2	0.1268	24.5100	0.0425	0.4247	0.2987
12	87.8	0.1521	26.5500	0.0460	0.4600	0.3307
14	104.9	0.1818	29.0400	0.0503	0.5032	0.3612
16	121.2	0.2100	32.8500	0.0569	0.5692	0.3689
18	138.7	0.2403	37.0800	0.0643	0.6425	0.3741
20	149.9	0.2597	41.2500	0.0715	0.7148	0.3634
22	165.1	0.2861	46.6000	0.0807	0.8075	0.3543



Gambar 5 Grafik simulasi *foil* 0.2 r/R

Tabel 2 Hasil simulasi *foil* pada 0.3 r/R

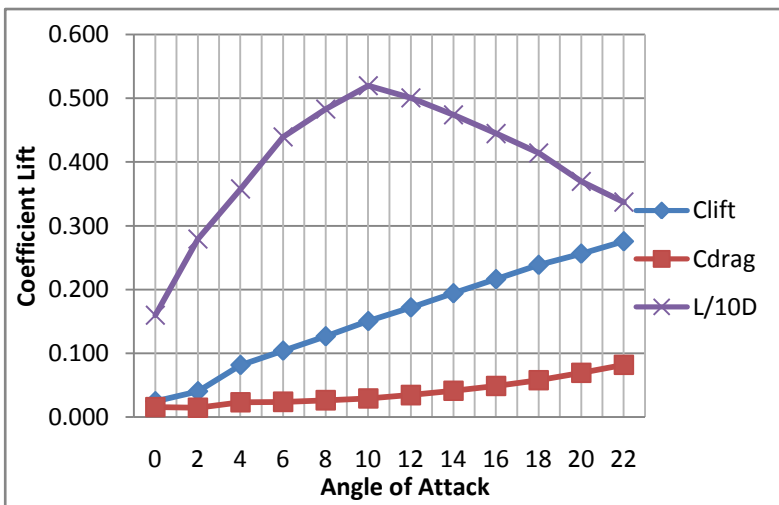
Angle of Attack	F_{lift}	C_{lift}	F_{drag}	C_{drag}	10 D	L/10D
0	56.7	0.0363	41.183	0.0264	0.2637	0.1376
2	102.8	0.0658	54.977	0.0352	0.3520	0.1869
4	132.6	0.0849	51.66	0.0331	0.3308	0.2566
6	176.2	0.1128	54.42	0.0348	0.3484	0.3237
8	214.8	0.1375	57.75	0.0370	0.3698	0.3719
10	249.1	0.1595	61.84	0.0396	0.3960	0.4028
12	289.6	0.1854	70.02	0.0448	0.4483	0.4136
14	326.5	0.2091	80.4	0.0515	0.5148	0.4060
16	376.7	0.2412	92.04	0.0589	0.5893	0.4092
18	400.7	0.2566	98.88	0.0633	0.6331	0.4052
20	441.5	0.2827	113.95	0.0730	0.7296	0.3874
22	479.5	0.3070	139.62	0.0894	0.8940	0.3434



Gambar 6 Grafik simulasi *foil* 0.3 r/R

Tabel 3 Hasil simulasi *foil* pada 0.4 r/R

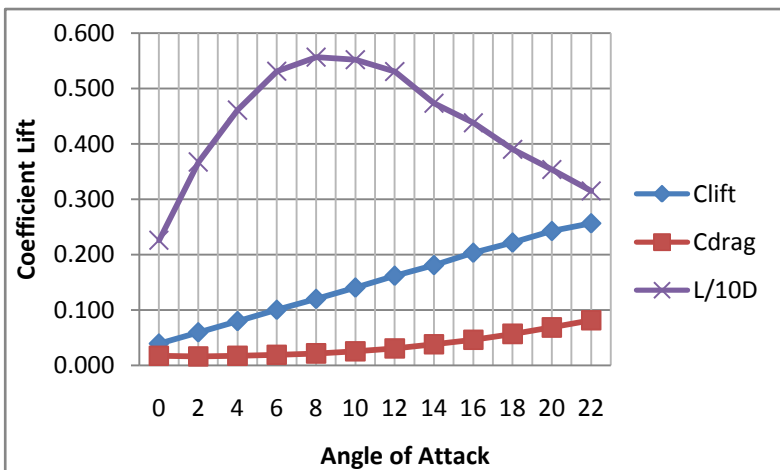
Angle of Attack	F_{lift}	C_{lift}	F_{drag}	C_{drag}	10 D	L/10D
0	76.4	0.024	47.909	0.0153	0.1534	0.159
2	125.5	0.040	45.011	0.0144	0.1441	0.279
4	254.2	0.081	71.110	0.0228	0.2276	0.357
6	324.5	0.104	73.910	0.0237	0.2366	0.439
8	395	0.126	81.790	0.0262	0.2618	0.483
10	469.6	0.150	90.400	0.0289	0.2894	0.519
12	536.3	0.172	107.130	0.0343	0.3429	0.501
14	605.9	0.194	127.900	0.0409	0.4094	0.474
16	675	0.216	151.870	0.0486	0.4861	0.444
18	745.1	0.239	179.880	0.0576	0.5758	0.414
20	800.2	0.256	216.740	0.0694	0.6938	0.369
22	860.6	0.275	255.450	0.0818	0.8177	0.337



Gambar 7 Grafik simulasi *foil* 0.4 r/R

Tabel 4 Hasil simulasi *foil* pada 0.5 r/R

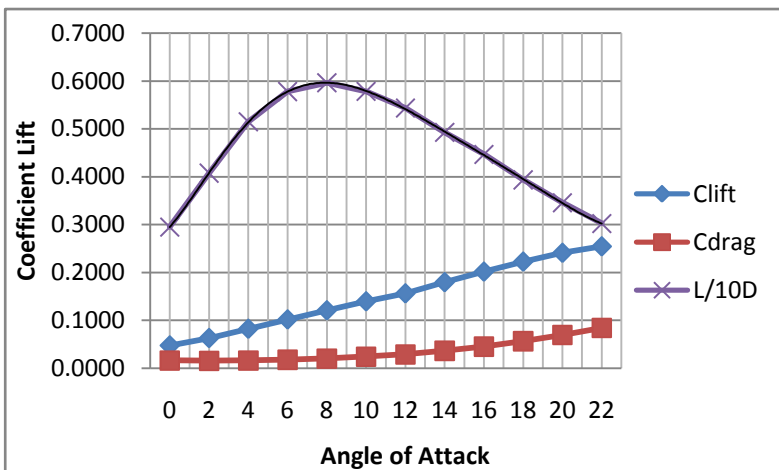
Angle of Attack	F_{lift}	C_{lift}	F_{drag}	C_{drag}	10 D	L/10D
0	211.5	0.040	93.483	0.0175	0.1746	0.2262
2	319.8	0.060	87.056	0.0163	0.1626	0.3673
4	428.2	0.080	92.870	0.0173	0.1735	0.4611
6	537.3	0.100	101.170	0.0189	0.1890	0.5311
8	642.6	0.120	115.460	0.0216	0.2157	0.5566
10	751.9	0.140	136.190	0.0254	0.2544	0.5521
12	866.1	0.162	163.260	0.0305	0.3049	0.5305
14	968.6	0.181	204.530	0.0382	0.3820	0.4736
16	1088.3	0.203	248.280	0.0464	0.4637	0.4383
18	1186.4	0.222	304.030	0.0568	0.5679	0.3902
20	1298	0.242	366.680	0.0685	0.6849	0.3540
22	1372.6	0.256	435.370	0.0813	0.8132	0.3153



Gambar 8 Grafik simulasi *foil* 0.5 r/R

Tabel 5 Hasil simulasi *foil* pada 0.6 r/R

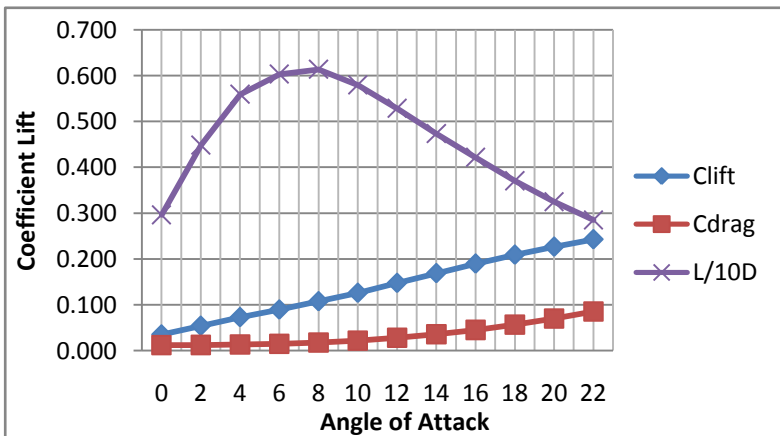
Angle of Attack	F_{lift}	C_{lift}	F_{drag}	C_{drag}	10 D	L/10D
0	394.5	0.0475	133.73	0.0161	0.1611	0.2950
2	523.1	0.0630	128.41	0.0155	0.1547	0.4074
4	683.6	0.0823	132.83	0.0160	0.1600	0.5146
6	844.9	0.1018	146.2	0.0176	0.1761	0.5779
8	1002.9	0.1208	168.24	0.0203	0.2027	0.5961
10	1158.3	0.1395	200.4	0.0241	0.2414	0.5780
12	1296.6	0.1562	238.57	0.0287	0.2874	0.5435
14	1489.9	0.1795	302.45	0.0364	0.3643	0.4926
16	1672.7	0.2015	374.43	0.0451	0.4511	0.4467
18	1846.1	0.2224	469.1	0.0565	0.5651	0.3935
20	1998.5	0.2407	577.87	0.0696	0.6961	0.3458
22	2110.4	0.2542	698.65	0.0842	0.8416	0.3021



Gambar 9 Grafik simulasi *foil* 0.6 r/R

Tabel 6 Hasil simulasi *foil* pada 0.7 r/R

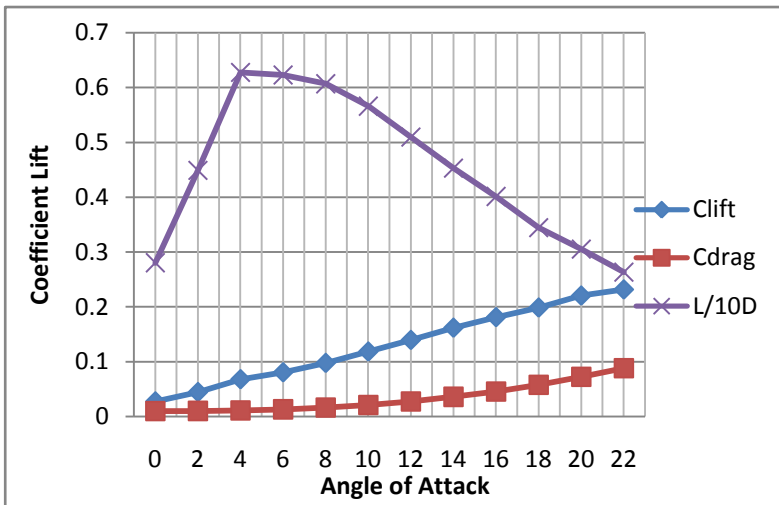
Angle of Attack	F_{lift}	C_{lift}	F_{drag}	C_{drag}	10 D	L/10D
0	424.5	0.035	143.236	0.012	0.119	0.296
2	653.0	0.054	145.529	0.012	0.121	0.449
4	878.6	0.073	156.990	0.013	0.131	0.560
6	1076.8	0.090	178.380	0.015	0.149	0.604
8	1294.2	0.108	210.810	0.018	0.176	0.614
10	1515.1	0.126	261.350	0.022	0.218	0.580
12	1773.8	0.148	335.490	0.028	0.280	0.529
14	2029.8	0.169	428.610	0.036	0.357	0.474
16	2279.5	0.190	540.240	0.045	0.450	0.422
18	2512.8	0.209	678.040	0.056	0.565	0.371
20	2720.8	0.227	836.950	0.070	0.697	0.325
22	2915.7	0.243	1022.200	0.085	0.852	0.285



Gambar 10 Grafik simulasi *foil* 0.7 r/R

Tabel 7 Hasil simulasi *foil* pada 0.8 r/R

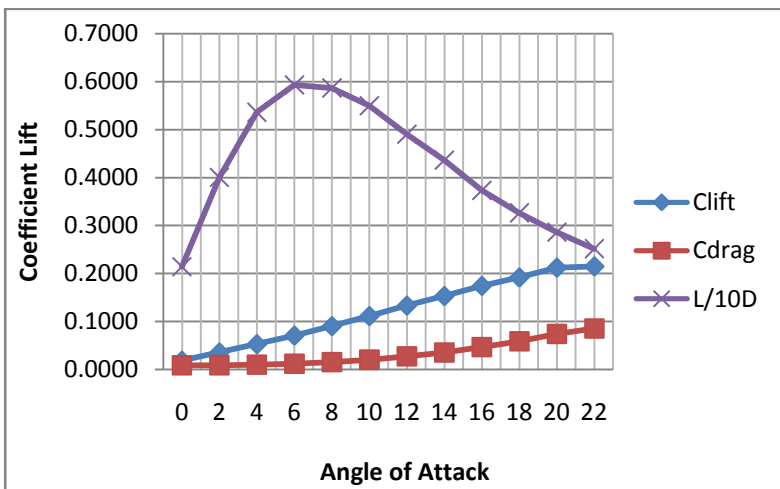
Angle of Attack	F_{lift}	C_{lift}	F_{drag}	C_{drag}	10 D	L/10D
0	447.9	0.027	159.5	0.009765	0.097	0.2806
2	727.8	0.044	162.05	0.009918	0.0991	0.4490
4	1110.6	0.0679	176.93	0.010828	0.1082	0.6277
6	1316.8	0.0805	211.3	0.012936	0.1293	0.6229
8	1597.8	0.0977	263.19	0.016107	0.161	0.607
10	1936.9	0.1185	342.03	0.020931	0.2093	0.5662
12	2283	0.1397	447.65	0.027395	0.2739	0.5099
14	2647.9	0.1620	584.26	0.035755	0.3575	0.4532
16	2963.9	0.1813	738.07	0.045168	0.4516	0.4015
18	3250.2	0.1989	943.23	0.057723	0.5772	0.3445
20	3607.9	0.2207	1180.7	0.072258	0.7225	0.3055
22	3790.3	0.2319	1437.7	0.087984	0.8798	0.2636



Gambar 11 Grafik simulasi *foil* 0.8 r/R

Tabel 8 Hasil simulasi *foil* pada 0.9 r/R

Angle of Attack	F_{lift}	C_{lift}	F_{drag}	C_{drag}	10 D	L/10D
0	395.5	0.0185	184.40	0.00862	0.0862	0.2145
2	762.7	0.0357	190.41	0.00890	0.0890	0.4006
4	1133.2	0.0530	211.34	0.00988	0.0988	0.5362
6	1515.2	0.0708	255.45	0.01194	0.1194	0.5931
8	1934.9	0.0905	329.73	0.01542	0.1542	0.5868
10	2383.3	0.1114	433.43	0.02027	0.2027	0.5499
12	2849.9	0.1332	581.15	0.02717	0.2717	0.4904
14	3278	0.1533	750.73	0.03510	0.3510	0.4366
16	3729.1	0.1744	998.39	0.04668	0.4668	0.3735
18	4104	0.1919	1256.29	0.05874	0.5874	0.3267
20	4539.9	0.2123	1586.13	0.07416	0.7416	0.2862
22	4596.8	0.2149	1824.2	0.08529	0.8529	0.2520



Gambar 12 Grafik simulasi *foil* 0.9 r/R

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Carlton J. S., [2010]. Marine Propeller and Propulsion Second edition. Elsevier Ltd. USA.
- [2] Kuiper G. [1992]. THE WAGENINGEN PROPELLER SERIES. Marin Publication. USA.
- [3] Schneekluth H., Bertram V. [1998]. Ship Design for Efficiency and Economy Second edition. Butterworth Heinemann. New Delhi.
- [4] Brien. T.P.O. [1969]. The Design of Marine Screw Propellers. Hutchinson & CO LTD. London.
- [5] Taek S. Jang., Takeshi K., Hajime Y., [2001]. " A New Functional Optimization Method Applied to The Pitch Distribution of A Marine Propeller", *Journal of Marine Science and Technology*, vol. 6, pp. 23-30
- [6] William Bowles Coney, [1989]. "A Method For The Design of A Class of Optimum Marine Propulsors", Ph.D. Dissertation. Massachusetts Institute of Technology, USA.
- [7] Abbott Ira H., Doenhoff Albert E. V. [1959]. Theory Of Wing Sections. Dover Publications. New York.
- [8] Popov E.P., [1989]. Mekanika Teknik. Erlangga. Jakarta.

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Jombang, Jawa Timur, pada tanggal 23 Maret 1991. Penulis merupakan anak ketiga dari lima bersaudara. Terlahir dengan nama Dani Mishbah Firmanulloh dari pasangan Ahsan H.S. dan Masluhah S. Riwayat pendidikan formal yang telah ditempuh adalah MIN Kauman Utara Jombang, MTsN Denanyar Jombang dan MAN Denanyar Jombang. Penulis diterima di jurusan Teknik Sistem

Perkapalan – Fakultas Teknologi Kelautan – Institut Teknologi Sepuluh Nopember, dengan NRP 4210100055 melalui jalur PMDK Prestasi. Penulis mengambil konsentrasi bidang keahlian Marine Manufacturing Design (MMD). Selama masa perkuliahan, penulis aktif dalam berbagai organisasi kemahasiswaan, penulis juga menjadi administrator Laboratorium MMD, serta aktif sebagai grader listrik desain 4 selama 3 periode. Pada tahun keempat, penulis berhasil lolos mewakili ITS mengikuti PIMNAS 27 di Universitas Diponegoro Semarang. Penulis melaksanakan kerja praktek di PT. Dok Perkapalan Surabaya (DPS) dan PT. Turboned Indonesia.

Dani Mishbah Firmanulloh

Jurusan Teknik Sistem Perkapalan – FTK –ITS

dani_mf@ymail.com